Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER WIEN · R. GRAMMEL STUTTGART

O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM

F. SAUERBRUCH BERLIN · H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 11 (SEITE 153—168) · 14. MÄRZ 1941 · 29. JAHRGANG

INHALT:

Heinrich Kayser zum Gedächtnis. Von R. FRERICHS. (Mit 1 Porträt) 153

Die Vorzugstemperaturen bei Landtieren. Von KONRAD HERDER. (Mit 5 Figuren) 155

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Elektrischer und thermischer Übergangswiderstand von Metallkontakten. Von MAX KOHLER. (Mit 1 Figur) 164

Mittelwellige UV.-Strahlung als Klimafaktor für Hochgebirgspflanzen. Von KARL PIRSCHLE . 165

Bestimmung der Eisenverteilung in Erzdünnschliffen mit Röntgenstrahlen. Von H. KIRCHBERG und H. MÖLLER. (Mit 2 Figuren) . . . 166

BESPRECHUNGEN:

Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik. Herausgegeben von N. v. Korshenewsky und W. T. Runge. (Ref.: Feldtkeller) 168

BRAUN, GUSTAV, Die Formenwelt des deutschen Bodens. (Deutscher Boden: Bd. VII.) (Ref.: Josef Werdecker) 168

Tabelle
der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente
nach Wellenlänge geordnet

Von **H. Kayser**

Geheimer Regierungsrat, em. Professor der Physik an der Universität Bonn

Zweite Auflage

Neu bearbeitet und herausgegeben von **Rudolf Ritschl**

Regierungsrat an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Dozent für Experimentalphysik an der Universität Berlin

VIII, 269 Seiten. 1939. Gebunden RM 28.50

Bei der Neubearbeitung der Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren stand es fest, daß der Charakter und der Umfang dieses bewährten Werkes im wesentlichen beibehalten werden mußte. Es kam hauptsächlich darauf an, die Neuauflage den Fortschritten der Spektroskopie anzupassen, die in den inzwischen vergangenen 12 Jahren gemacht worden sind. — Die seit dem Erscheinen der ersten Auflage im März 1926 veröffentlichten Messungen von Wellenlängen in den Atom- und Ionenspektren sind sehr umfangreich. Besonders in den ersten Jahren bis etwa 1930 war die Tätigkeit auf diesem Gebiet noch sehr rege, während seitdem ein gewisser Abschluß erreicht wurde und nur einzelne Institute, besonders in den Vereinigten Staaten, heute noch systematische Wellenlängenmessungen ausführen. — Die hauptsächlichen Erweiterungen gegenüber den beim Abschluß der ersten Auflage vorliegenden Messungen erstrecken sich auf die Enden des Spektrums, auf das Ultrarot und das Vakuum-Ultraviolett. Im Ultrarot sind es besonders die durch die verbesserte photographische Technik zugänglich gewordenen Gebiete etwa von 7000 bis 12000 A.E., in denen viel neues Material vorliegt. Das nicht mehr photographisch erfaßbare fernere Ultrarot weist demgegenüber nur einen relativ geringen Zuwachs an Messungen von Linien auf, in diesem Gebiet herrschen die Arbeiten über Molekülspektren bei weitem vor. — Im Vakuumgebiet ist dagegen bis herunter zu den kürzesten optischen Wellenlängen ein gewaltiger Zuwachs an Messungen zu verzeichnen, so daß dies Gebiet der Spektroskopie in Luft um nichts mehr an Sicherheit und Genauigkeit der Messungen nachsteht. — Auch im zwischenliegenden Gebiet liegen zahlreiche Neumessungen von Linien vor; daneben ist ein großer Teil der Linien eingeordnet oder wenigstens mit großer Sicherheit einem bestimmten Ionisationszustand des Elementes zugeordnet worden.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9. Linkstr. 22/24, erbeten.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24
Fernsprecher: 21 81 11.

Wiederfinden — leicht gemacht!

Wichtige Aufsätze, Artikel, auch kleinste Textstellen, in Zeitungen, Zeitschriften, Fachblättern usw. lassen sich ohne Ausschneiden (auch bei chronolog. Ordnung des Materials) übersichtlich und griffbereit markieren und gleichzeitig registrieren mit den farb., unterteilten Randmerkzeichen **„MERKOLOR"**! Vielbewährt! Prospekt und Muster gegen 50 Pf., kompl. RM 2.75.

Postscheckkonto Karlsruhe 42335.

G. SCHUHBAUER, Mosbach (Baden) 35

Die Heimat hat im vergangenen Kriegsjahre durch ihre Haltung und ihren Opfersinn bewiesen, daß sie dieses großen Einsatzes ihrer Söhne würdig ist. Ich bin überzeugt, daß sie auch im kommenden

Kriegswinterhilfswerk 1940/41

ihre Pflicht tun wird, um in unserem Volke das Bewußtsein der unlösbaren sozialen Gemeinschaft noch weiter zu stärken.

Aus dem Aufruf des Führers zum 2. Kriegs-WHW.

Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis

Herausgegeben von **E. Zintl†**

Soeben erschien: Band I:

Chemische Spektralanalyse

Eine Anleitung zur Erlernung und Ausführung von Spektralanalysen im chemischen Laboratorium

Von

W. Seith und **K. Ruthardt**

Zweite, verbesserte Auflage. Mit 68 Abbildungen im Text und einer Tafel. X, 125 Seiten. 1941

Steif geheftet RM 7.50

Inhaltsverzeichnis:

I. Allgemeine Grundlagen. Lichtanregung. — Spektralapparat. — Zur Theorie der Spektrographie. — Entstehung der Spektren. — **II. Qualitative Analyse.** Aufgabe 1. Analyse in der Bunsenflamme. — 2. Spektren der Gase. — 3. Photographische Aufnahme eines Spektrums. — 4. Aufnahmeverfahren und Anregungsarten. — 5. Bestimmung der Wellenlänge und Aufstellung einer Dispersionskurve. — 6. Spektren und periodisches System. — 7. Qualitative Analyse. — 8. Das Arbeiten mit dem Projektor. — 9. Koinzidenz und Reinheitsprüfung. — **III. Quantitative Analyse.** Aufgabe 10. Übersichtsanalyse. — 11. Abhängigkeit des Spektrums von den Entladungsbedingungen. — 12. Quantitative Analyse nach der Methode der homologen Linienpaare. — 13. Photometrieren eines Spektrums. — 14. Dreilinienverfahren. — 15. Analyse durch Schwärzungsvergleich. — 16. Quantitative Spektralanalyse mit dem visuellen Spektralphotometer. — 17. Herstellen von Testlegierungen. — **IV. Verfahren für besondere Zwecke.** Aufgabe 18. Erhitzungsanalyse. — 19. Analyse von Salzen und festen, nichtmetallischen Proben. — 20. Lokalanalyse. — 21. Analyse von Lösungen. — 22. Lundegardh-Brenner und Kaliumanalyse nach Schuhknecht-Waibel. — 23. Farbenempfindlichkeit der Photoplatten. — 24. Absorptionsspektren. — Verzeichnis der im Text erwähnten Bücher und Tabellen. — Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

29. Jahrgang | 14. März 1941 | Heft 11

Heinrich Kayser zum Gedächtnis.

Von R. Frerichs, Berlin.

Im hohen Alter von 87 Jahren verstarb am 14. Oktober 1940 in Bonn Heinrich Kayser. Mit ihm ist der Altmeister der deutschen Spektroskopie dahingegangen, ein Forscher und Gelehrter, dessen Leben und Wirken für die Wissenschaft weit über die Grenzen seines Vaterlandes reicht und in den Kreisen der Spektroskopiker der ganzen Welt Verehrung und dankbare Anerkennung gefunden hat. Es soll hier nicht sein Lebenslauf geschildert werden, ein Festheft der Annalen der Physik zum 70. Geburtstag, zahlreiche Glückwünsche der Freunde und Fachgenossen zu den weiteren Meilensteinen seines Lebens schildern seinen Werdegang, seine wissenschaftlichen Erfolge und die Ehrungen und Auszeichnungen, die sie gefunden haben.

Wir wollen hier versuchen, ein Bild zu zeichnen, wie sich das wissenschaftliche Leben und Wirken Heinrich Kaysers der nach dem Kriege aufgewachsenen Physikergeneration offenbart, die Kayser selbst nicht mehr so sehr als Lehrer und Forscher kennenlernen durfte. Im Jahre 1920 hatte er sich aus seinem Amt als Ordinarius und Direktor des Physikalischen Instituts der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität zurückgezogen. Aber wer damals und in der Folgezeit von dem magischen Bann der aufwärts strebenden Spektroskopie angezogen, sich dieser Wissenschaft verschrieb, der mußte Schritt um Schritt auf Kaysers *Wirken* stoßen. Sein Bonner Institut war von ihm auf das reichste mit spektroskopischen Apparaten großer Leistungsfähigkeit ausgestattet worden. Wohl als eine Folge der nahen Beziehungen, die die Spektroskopie mit der Astrophysik verknüpfen und die Kayser stets besonders am Herzen lagen, waren die 6-Meter-Gitter nach den Grundsätzen astronomischer Instrumente fest aufgebaut. Sie ermöglichten daher langdauernde Aufnahmen auch der schwächsten Lichtquellen, wie sie die von ihm in Angriff genommene systematische Durchmusterung der Spektren des gesamten periodischen Systems erforderte. Die ganze Tradition des Instituts atmete Kaysers Geist. So geschah auch die Sichtung und Messung der Spektralaufnahmen mit den von ihm angegebenen Meßmaschinen und Rechenmethoden, und jeder an diesen Untersuchungen Beteiligte fühlte sich verpflichtet, an die Genauigkeit der Messungen den strengen Maßstab zu legen, der Kaysers eigene spektroskopische Arbeiten auszeichnete.

Aber auch wer nicht unmittelbar mit den Einrichtungen des Bonner Instituts in Berührung kam, fand in dem Kayserschen *Handbuch* den Hort der experimentellen Ergebnisse und Erfahrungen dieses großen Sondergebietes der Physik. In acht umfangreichen Bänden hat Kayser in den Jahren 1900—1932 alles zusammengetragen, was, angefangen mit Newton, über die Spektroskopie veröffentlicht worden ist. Die allgemeinen physikalischen Grundlagen der Spektren und der zu ihrer Untersuchung dienenden Apparate und Methoden sind in den ersten vier Bänden des Werkes enthalten. Die Bände 5—8, von denen die späteren von Kayser und Konen gemeinsam unter Hilfe bewährter Mitarbeiter herausgegeben wurden, bringen die gesamte Literatur aller bis zum Jahre 1932 bekannt gewordenen Spektren. Kayser selbst schrieb in der Einleitung: „Ich übergebe

hiermit den Fachgenossen den ersten Band eines Werkes, zu dessen Bearbeitung ich einen großen Teil meiner Zeit in den letzten zehn Jahren verwandt habe. Das Bedürfnis nach einer zusammenhängenden und möglichst vollständigen Übersicht über unsere spektroskopischen Kenntnisse wird niemand bezweifeln, der auf diesem Gebiet arbeitet oder zu arbeiten beginnt, und so meinte ich der Wissenschaft mehr nützen zu können, indem ich diese Darstellung unternahm, als wenn ich die Zeit auf eigene Untersuchungen verwandte. Eine Hauptbedingung für ein derartiges Werk ist möglichste Vollständigkeit, und ich habe keine Mühe gescheut, mich ihr zu nähern." KAYSER wußte es wohl, und er hat es auch ausgesprochen, daß ein solches Werk dennoch unvollständig bleiben muß. So hätte er gerne die astrophysikalische Literatur mit in das Handbuch hineingenommen, aber er wußte sich weise zu beschränken. „Wenn ich die vorliegende astrophysikalische Literatur übersehe, so ist mir klar, daß der dafür beabsichtigte eine Band nicht annähernd ausreicht, es würden wohl drei Bände dazu erforderlich werden, und ich würde wohl eine Zeit von acht Jahren gebrauchen. Aber ich bin keinen Augenblick darüber im Zweifel, daß ich inzwischen zu alt geworden bin, um ein solches neues Werk zu unternehmen." In den letzten Jahren ist nun die Zahl und der Umfang der jährlich erscheinenden spektroskopischen Arbeiten langsam zurückgegangen, der Nachwuchs der Physiker fühlt sich mehr und mehr zur Kernphysik hingezogen, die in ihrem beispiellosen Aufschwung die Physik der äußeren Elektronenhüllen der Atome und Moleküle abgelöst hat. So ist es wohl zu hoffen, daß die Fortsetzung dieses gewaltigen Lebenswerkes KAYSERS auch in Zukunft möglich sein wird.

KAYSER hatte stets ein offenes Auge für die Erfordernisse der praktischen Spektroskopie. Im Jahre 1926 gab er seine ältere Tabelle der Hauptlinien aller Elemente ergänzt und berichtigt heraus, um den praktisch arbeitenden Spektroskopikern eine Hilfe z. B. bei der Ausmerzung der Linien von Verunreinigungen, zu geben. Diese Tabelle wurde 1939 von R. RITSCHL in 2. Auflage weiter vervollständigt und ist als unentbehrliches Hilfsmittel bei allen spektroskopischen Arbeiten anzusehen.

Seine Freunde versichern, daß der Entschluß, sich ganz von den eigenen experimentellen Arbeiten zurückzuziehen und sich vollständig der Arbeit am Handbuch zu widmen, KAYSER sicherlich nicht leicht gefallen ist. Wer möchte dies auch bezweifeln, wenn er die klassischen Untersuchungen liest, die KAYSER, zusammen mit RUNGE, in den Jahren 88—93 über die Spektren der Elemente veröffentlicht hat. Über das weitreichende Ziel, das die beiden Forscher sich gesetzt hatten, heißt es dort: „Als wir im Jahre 1887 unsere spektralanalytischen Untersuchungen begannen, geschah dies in der Absicht, Beziehungen zwischen den Wellenlängen jedes Spektrums aufzufinden, wie sie durch BALMER für Wasserstoff gegeben waren, ferner auch Beziehungen zwischen den Spektren verschiedener Elemente zu ermitteln, deren Vorhandensein uns unzweifelhaft erschien. Zudem glaubten wir, daß nur die äußerste mit den heutigen Mitteln erreichbare Genauigkeit in der Berechnung der Wellenlängen wirklich befriedigenden Aufschluß geben und die Anwendbarkeit der Formeln klar hervortreten lassen könne sowie gestatten würde, Schlüsse aus den Konstanten zu ziehen. So mußten wir uns entschließen, die Spektren zunächst neu zu bestimmen, wobei wir als erstrebenswerte Fehlergrenze 0,1 ANGSTRÖMscher Einheit festsetzten, da dies zur sicheren Charakterisierung jeder Linie hinreichend erscheint." Bei dieser Arbeit lag KAYSER der experimentelle Teil besonders am Herzen, als Schüler von KUNDT und HELMHOLTZ war ihm Exaktheit in der Behandlung aller wissenschaftlichen Fragen oberstes Gesetz. Der heutige Physiker vergißt allzu leicht, wie gering damals die sicheren Voraussetzungen bei einer derartigen Arbeit waren, es gewährt daher einen besonderen Genuß, diese Arbeiten durchzublättern und zu sehen, wie KAYSER und RUNGE die Aufgabe an der Wurzel anpackten und Schritt für Schritt die Schwierigkeiten niederkämpften. KAYSER war hierbei vorwiegend der Experimentator, ihn interessierte in erster Linie die Genauigkeit der Messungen, RUNGE dagegen diskutierte die Messungen und vor allem auch die Gesetzmäßigkeiten. Es wurde zunächst ein großes Konkavgitter beschafft und im Physikalischen Institut der Hochschule in Hannover aufgestellt. Zur Gewinnung eines Systems von Normalen wurde das Eisenbogenspektrum photographiert und an die ROWLANDschen Normalen angeschlossen. In aller Ausführlichkeit wurden die Meßmethoden, die Rechenverfahren geschildert und diskutiert; KAYSER, dem die Photographie eine Lieblingsbeschäftigung war, ließ es sich nicht nehmen, dieser Arbeit eine Reihe von wundervollen Tafeln des Eisenspektrums hinzuzufügen, die auch heute noch zu den schönsten derartigen Spektralaufnahmen gehört. Das Interesse an der Gewinnung dieser *Normallinien*, vergleichbar der Bestimmung der Örter ausgewählter Bezugsterne, hat KAYSER nie wieder verlassen. In eigenen Arbeiten, in Untersuchungen seiner Schüler, in seinem Handbuch und in seiner tätigen Mitarbeit an Kongressen hat KAYSER immer wieder auf die Wichtigkeit dieser Frage hingewiesen, und wenn wir heute zahlreiche Linien mit einer Genauigkeit von $^1/_{1000}$ Angströmeinheit kennen, so ist dies nicht zuletzt KAYSERS Verdienst. Die beiden Forscher erkannten bald, daß zur Lösung der gestellten Aufgabe die absolut sichere Identifizierung der Elemente von größter Bedeutung war. So wurden in weiteren Untersuchungen die Linien der hauptsächlichen Verunreinigungen, vor allem der Bandenspektren der Kohlenstoffverbindungen, photographiert und ausgemessen. Ja selbst die uns

heute selbstverständlich erscheinende Korrektur der Wellenlängen auf den leeren Raum wurde von KAYSER und RUNGE einer genauen Messung und Diskussion unterzogen. Mit einer neuen Methode, bei der ein mit Luft gefülltes bzw. evakuiertes Glasprisma in den Strahlengang des Konkavgitters eingeschaltet war, wurde die Dispersion der Luft bestimmt. Nach diesen Vorarbeiten wurden in den folgenden Untersuchungen die Spektren der Alkalien, der Erdalkalien und der Elemente Zink, Kadmium und Quecksilber gemessen und in Spektralserien eingeordnet. KAYSER und RUNGE versuchten damals aus der BALMERschen Formel durch Entwicklung in eine Potenzreihe für alle Elemente gültige Serienformeln aufzustellen. Die weitere Entwicklung der Spektroskopie hat gezeigt, daß diese Interpolationsformeln zugunsten der von RYDBERG aufgestellten physikalisch deutbaren und damit für die weitere Entwicklung so viel wichtigeren Serienformeln verlassen wurden. RYDBERG hatte diese Serienformeln in genialer Intuition auf Grund von verhältnismäßig schlechten Messungen erkannt. Die exakten Zahlenwerte von KAYSER und RUNGE und ihre Darstellbarkeit durch ihre sehr genau erfüllten Formeln haben sicherlich dazu beigetragen, daß den RYDBERGschen Arbeiten daraufhin das Vertrauen entgegengebracht wurde, das sie zum Ausgangspunkt der ganzen Serienforschung werden ließ.

Wer das Glück hatte, KAYSER, als er schon im Ruhestand lebte, gelegentlich in seiner Studierstube aufsuchen zu dürfen, der wurde von den weit gespannten Interessen überrascht, die ihn, der auch in diesem Sinne ein HELMHOLTZ-Schüler war, erfüllten. Seine künstlerischen Neigungen kamen in seinen zahlreichen Reisen zu den Kunstschätzen Italiens und Griechenlands und den wundervollen Aufnahmen zum Ausdruck, die er, ein Liebhaber der Photographie seit jeher, dort anfertigte. Er liebte in gleicher Weise die japanische Kunst und die klassische Archäologie. Seine Freunde berichten von seinen meisterhaften Übersetzungen persischer und griechischer Schriften. Er selbst bekannte einmal in den schweren Nachkriegsjahren dieses Hingezogensein zu Kunst und Natur bei der Herausgabe der italienischen und der spanischen Reisebriefe CARL JUSTIS. „Die Lektüre (der Briefe) wurde mir ein hoher Genuß, und da meinte ich, daß es vielen ebenso gehen werde wie mir. Gerade in der jetzigen Zeit, wo die Gegenwart so viel Leid und Elend zeigt, wo die Zukunft trübe vor uns liegt, da rettet man sich gern in die Welt der Schönheit in Kunst und Natur, man taucht in den Jungbrunnen des unvergänglich Edlen, aus dem man neue Kraft schöpft, die Gegenwart zu tragen und für die Zukunft zu hoffen."

Rastlos bis in seine hohen Jahre war er für die Wissenschaft tätig, obwohl ein schweres Augenleiden ihn später sehr behinderte. Nachdem er bereits das siebente Jahrzehnt weit überschritten hatte, gab er 1925 seine eigenhändig in mühevoller Arbeit berechnete „Tabelle der Schwingungszahlen der auf das Vakuum reduzierten Wellenlängen zwischen 2000 und 10000 AE." heraus. Er wollte damit den jüngeren Spektroskopikern die Arbeit der Reduktion der Wellenlängenmessungen vereinfachen. „Da eine große und fortwährend wachsende Zahl von Forschern sich mit dieser Aufgabe beschäftigt, so ergibt sich, daß eine enorme Arbeitszeit verschwendet wird. So erschien es mir im Interesse der Wissenschaft zu liegen, wenn ich die freie Zeit meiner alten Tage benutze, um eine Tafel auszurechnen, aus der jeder die Reziproken aller Wellenlängen ablesen kann."

In diesen Worten wird noch einmal offenbar, wie KAYSER sein ganzes Leben als einen selbstlosen Dienst an der von ihm gewählten Wissenschaft ansah. Wohl hatte er selbst in seinen klassisch zu nennenden Arbeiten die spektroskopische Forschung um grundlegende Erkenntnisse bereichert. Allein es entsprach seinem innersten Wesen vielleicht doch noch mehr, von dieser hohen Warte aus die Ergebnisse der Wissenschaft, die ihm, der Autorität auf dem Gebiete der Spektroskopie, von allen Seiten zuströmten, zu sammeln, zu sichten und kritisch in seinem Handbuch zu ordnen. So erstreckt sich sein Wirken über alle neueren spektroskopischen Arbeiten, vor allem in seinem Vaterland, und die jetzige Physikergeneration wird stets seiner in Ehrfurcht gedenken und in Dankbarkeit dafür, daß er ihr in wahrhaft umfassender Art die Wege zu eigener Forschung geebnet hat.

Die Vorzugstemperaturen bei Landtieren[1]).

Von KONRAD HERTER, Berlin.

Die alltägliche Beobachtung lehrt, daß viele Landtiere sich an solchen Stellen zur Ruhe zu legen pflegen, die durch die Sonne oder künstlich besonders erwärmt sind. Jeder kennt die „sich sonnende" Eidechse, den Hund, der sich an dem geheizten Ofen zum Schlaf hinlegt, und das Heimchen am Herd. Die Tiere müssen also „das Bedürfnis" haben, Temperaturen zum Ruhen aufzusuchen, die erheblich über der gewöhnlichen Umgebungstemperatur liegen. *Warum* haben die Tiere dieses Bedürfnis? *Gibt es physiologische Gründe dafür, daß viele Tiere sich zum Ruhen an besonders erwärmte Plätze begeben?* Es ist von vornherein zu erwarten, daß die Antwort auf diese Frage für gleichwarme Tiere, die durch besondere Stoffwechseleinrichtungen ihre Körpertempera-

[1]) Über die Vorzugstemperaturen von Wassertieren wissen wir nur wenig, so daß eine zusammenfassende Betrachtung für sie noch verfrüht ist.

turen annähernd konstant erhalten, etwas anders ausfallen muß als für wechselwarme, deren Körpertemperaturen — wenigstens in der Ruhe — ungefähr dieselben Wärmegrade haben wie die Umgebung.

Zunächst ist festzustellen, ob die Wärmegrade, die von den Tieren aufgesucht werden, bei demselben Individuum stets die gleichen sind. Wenn dies zutrifft, ist zu ermitteln, ob verschiedene Individuen derselben Population, Rasse oder Art gleich hohe Vorzugstemperaturen haben und wie hoch diese sind. *Sind die Vorzugstemperaturen konstant?* Bevor ich auf die experimentelle Beantwortung dieser Frage eingehe, muß ich eindeutig definieren, was ich unter der Vorzugstemperatur (VT.) eines Landtieres verstehe. Ein Tier, das etwa auf einem besonnten Stein auf einer Wiese liegt, befindet sich durchaus nicht in gleichmäßigen und konstanten Temperaturverhältnissen. Sein Körper unterliegt dem Einfluß der von dem Stein ausgestrahlten und abgeleiteten Wärme, der Lufttemperatur und der Strahlungswärme der Sonne, die wiederum durch den Wind beeinflußt werden können. Mißt man eine oder einige dieser Komponenten, so kann man daraus nur wenig über die Höhe der VT. des Tieres ermitteln. Wir müssen mit einfachen Laboratoriumsbedingungen arbeiten. Man bringt das Tier in einen Glaskäfig mit einem Boden aus gut wärmeleitendem Metall — etwa Aluminium —, der an einer Seite erwärmt, an der anderen abgekühlt wird. Durch Thermometer, deren Quecksilberreservoire *in* dem Metallboden liegen, wird an bestimmten Stellen die Bodentemperatur, die natürlich ein Gefälle von der erwärmten zur abgekühlten Seite bildet, gemessen. Da der Boden durch ein Liniensystem in kleine Felder eingeteilt ist, läßt sich in dem praktisch geradlinigen Wärmegefälle durch Interpolation die Temperatur jeder Bodenstelle ermitteln. Fast jedes gesättigte normale Tier, das in eine solche *Temperaturorgel* (HERTER 1934) gebracht wird, kommt nach einiger Zeit in einer bestimmten Temperaturzone zur Ruhe, zu der es wieder zurückkehrt, wenn es sie „freiwillig" oder gezwungen verlassen hat, und der es folgt, wenn sie auf dem Boden wandert. In den meisten Fällen scheint die Orientierung hierbei thermophobotaktisch[1]) zu erfolgen. Die Mitte dieser Temperaturzone bezeichne ich als VT. und charakterisiere sie durch den variationsstatistisch aus einer größeren Anzahl (mindestens etwa 50) von Einzelmessungen errechneten Mittelwert ($M \pm 3$ m) und durch eine Frequenzkurve, deren Abszisse die Bodentemperaturen und deren Ordinate die Anzahl der Besuche der einzelnen Bodentemperaturen in Prozent darstellt (s. Fig. 2 und 5). Unter der VT. eines Tieres verstehe ich also die *Boden*temperatur, d. h. die Temperatur des Substrates, bei der es zur Ruhe kommt[1]). Selbstverständlich kann und wird auch in vielen Fällen die Temperatur der das Tier umgebenden Luft die Höhe der VT. beeinflussen. Dies spielt aber wohl — wie Kontrollversuche zeigten — für die meisten Tiere, die sich eng dem Boden auflegen, keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Vor allem ist aber dieser Einfluß der Lufttemperatur sehr schwer messend zu erfassen, während sich die Bodentemperatur recht genau ermitteln läßt und die in verschiedenen Orgeln von verschiedenen Untersuchern gewonnenen Werte ohne weiteres zu vergleichen sind.

Bei demselben Individuum ist im gleichen Entwicklungszustand und unter denselben Bedingungen die Höhe der VT. — natürlich innerhalb gewisser Streugenzen — *konstant.* Das thermotaktische Verhalten verschiedener Entwicklungszustände und Altersklassen ist nicht einheitlich. Bei einigen Insekten haben die Larven und die Imagines oder die Larvenstadien untereinander dieselben VT.-Höhen (z. B. bei *Pyrrhocoris apterus, Liogryllus campestris, Tettigonia viridissima, Decticus verrucivorus, Haematopinus suis*), während bei anderen — zum Teil mit den vorigen verwandten — Unterschiede festgestellt wurden. Die älteren Larven und die frisch geschlüpften Imagines der Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria*) haben bedeutend höhere VT.-Werte als die frisch geschlüpften Larven und die älteren (eierlegenden) Imagines (BODENHEIMER 1929). Bei den Larven der Stubenfliege (*Musca domestica*) sinkt mit zunehmendem Alter die VT. von $+37$ auf $+15°$, und zwar so regelmäßig, daß man nach der VT.-Höhe das Larvenstadium bestimmen kann (THOMSEN 1937). Bei den geschlüpften Fliegen liegt die VT. zwischen $+40$ und $41°$. Unter den Wirbeltieren findet sich ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Poikilothermen („Kaltblütern") und Homoiothermen („Warmblütern"). Frisch geschlüpfte oder neugeborene Eidechsen haben relativ niedrige VT.-Werte, die erst in einigen Wochen auf die Höhe der erwachsenen ansteigen (LUTFI 1936; HERTER 1940a), während es bei Nagetieren gerade umgekehrt ist (HERTER 1936). Dem entspricht es, daß bei trächtigen Eidechsen die individuelle VT. erniedrigt, bei trächtigen Nagern aber erhöht ist. Auch der Einfluß der Umgebung auf die VT.-Höhe des Individuums ist artlich verschieden. Unter den Insekten gibt es Formen, bei denen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft oder die Höhe der Umgebungstemperatur vor oder während der Versuche die VT. nach oben oder nach unten verschiebt, und solche, bei denen dies nicht der Fall ist. Ähnlich ist es in bezug auf Belichtung und Verdunklung während der Versuche. Beispiele für

[1]) Das heißt durch Zurückschrecken oder Ausweichen vor Temperaturen, die über oder unter dieser Zone liegen.

[1]) Manche Tiere — z. B. einige Laubheuschrecken — kommen auf dem Boden nicht zur Ruhe, sondern streben stets nach oben. Man kann für sie eine „hängende Temperaturorgel" benutzen, bei der der Tierkäfig sich *unter* der Metallplatte mit dem Temperaturgefälle befindet. In diesen Fällen handelt es sich also um die „Deckentemperatur".

diese noch wenig geklärten Verschiedenheiten im thermotaktischen Verhalten der Insekten habe ich kürzlich an anderer Stelle zusammengestellt (HERTER 1939). Bei Reptilien kann durch schlechte Haltung, Hunger, große Feuchtigkeit oder Trockenheit die individuelle VT. verschoben werden (LUTFI 1936). Monatelanger Aufenthalt bei sehr hohen — aber nicht schädigenden — Wärme-

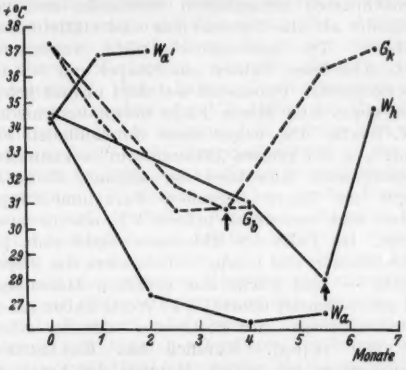


Fig. 1. Veränderungen der VT.-Höhen von Mäusen in hohen und tiefen Umgebungstemperaturen. Absz.: Dauer des Aufenthaltes. Ordin.: Höhe der VT. G_b: graue Hausmaus, die 4 Mon. in „Wärme" lebte; G_k: graue Hausmaus, die nach $3^1/_2$monatigem „Wärmeaufenthalt" (bei Pfeil) in Zimmertemperatur zurückkam; W_a: weiße Hausmaus, die $5^1/_2$ Mon. in „Wärme" lebte; W_k: weiße Hausmaus, die nach $5^1/_2$monatigem „Wärmeaufenthalt" (bei Pfeil) in Zimmertemperatur zurückkam; $W_{a'}$: weiße Hausmaus, die 2 Mon. in „Kälte" lebte. Nach HERTER 1938.

günstig beeinflussen, die individuelle VT. nicht zu verändern. Anders ist es bei (weißen und grauen) Hausmäusen. Bei ihnen wird die VT. durch längeren (wochen- oder monatelangen) Aufenthalt in sehr warmer oder sehr kalter Umgebung verändert, und zwar bei Wärmeaufenthalt erniedrigt, bei Kälteaufenthalt erhöht. Nach Zurückbringung in Zimmertemperatur steigt oder sinkt sie wieder auf ihr „normales" Niveau (Fig. 1). Die Deutung dieses Verhaltens wird später gegeben. Die Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß die VT. zwar durch äußere und innere Faktoren innerhalb einer gewissen Reaktionsnorm verändert werden kann, beim erwachsenen Tierindividuum in seinem „normalen" physiologischen Zustand aber konstant ist.

Bei gleichartigen Individuen einer Population sind im allgemeinen die VT. gleich, wie Tabelle 1 an 3 Beispielen — die sich leicht vermehren ließen — zeigt.

Daß zwischen Populationen derselben Art die VT. nicht gleich zu sein *braucht*, lehren die Ei-

Tabelle 1.

Tier Nr.	*Oedipoda coerulescens* Feldheuschrecken aus Rehbrücke bei Berlin	*Lacerta erhardii* Eidechsen von den ägäischen Inseln Naxos	Santorin
1	45,00 ± 0,30	42,72 ± 0,72	39,74 + 0,42
2	44,92 + 0,58	42,42 ± 0,55	39,72 ± 0,42
3 V.T.	44,96 ± 0,46	42,20 ± 0,57	39,82 ± 0,39
4 M ± 3 m	44,72 ± 0,37	42,36 ± 0,54	39,60 ± 0,38
5 = + °C	44,40 ± 0,47	42,04 ± 0,58	40,04 ± 0,54
6	44,70 ± 0,31	42,00 ± 0,58	39,84 ± 0,42
7	44,42 ± 0,25		
Mittel:	44,73 ± 0,15	42,29 ± 0,24	39,79 ± 0,18

Tabelle 2.

Tierart	Fundort	V.T. M ± 3 m = + °C
Reptilien		
Agama stellio (Schleuderschwanz)	Ägypten	45,59 ± 0,33
	Insel Naxos	45,06 ± 0,28
Anguis fragilis (Blindschleiche)	Stockholm	28,38 ± 0,28
	Berlin	28,38 ± 0,29
Chalcides ocellatus (Walzenechse)	Ägypten	40,30 ± 0,27
	Kap Sunion (Griechenland)	40,37 ± 0,21
Natrix natrix (Ringelnatter)	Berlin	34,28 ± 0,21
	Dalmatien	34,34 ± 0,48
Säugetiere		
Plecotus auritus (Ohrfledermaus)	Berlin	39,62 ± 0,57
	Budapest	39,16 ± 0,48
Eliomys quercinus (Gartenschläfer)	Kreuznach	39,02 ± 0,67
	Jugoslawien	39,80 ± 0,42
Muscardinus avellanarius (Haselmaus)	Wien	38,45 ± 0,29
	Neapel	38,40 ± 0,41
Mus spicilegus (Ährenmaus)	Helgoland	35,72 ± 0,21
	Lyck (Ostpreußen)	35,32 ± 0,31
Apodemus agrarius (Brandmaus)	Berlin	36,30 ± 0,40
	Reichenberg (Böhmen)	36,00 ± 0,23

graden verändert bei Eidechsen (*Lacerta agilis* und *vivipara*) die VT.-Höhen jedoch nicht. Das Klima und sonstige Umwelteinflüsse scheinen hier, soweit sie den Gesundheitszustand des Tieres nicht undechsenbeispiele der Tabelle, die ich gewählt habe, weil sie eine Ausnahme einer sonst ziemlich allgemeingültigen Regel sind. Aus dem bisher vorliegenden vergleichbaren Material von Reptilien

und Säugetieren geht hervor, daß in den meisten Fällen Tiere derselben Art von geographisch weit auseinander liegenden Fundorten die gleiche TV. haben (Tabelle 2). ***Es gibt also artliche TV.***

Bekanntlich sind die Merkmale, die man zur Charakteristik einer Art verwendet, durchaus nicht ganz feststehend. Innerhalb der meisten — wenn nicht aller — Tierarten gibt es Abweichungen von dem, was wir als „Norm" bezeichnen. Körpergröße, Körperform, Färbung und Zeichnung können durch direkte Umweltbeeinflussung oder aus uns meist unbekannten inneren Ursachen bei einzelnen Individuen oder bei ganzen Populationen gegenüber der „Stammform" verändert sein. Wir beobachten in bezug auf körperliche Merkmale allenthalben Modifikationen, Mutationen und Rassen. Ganz Entsprechendes gilt für die physiologischen und psychischen Eigenschaften der Tiere. Wenn unsere Kenntnisse hier auch noch lückenhaft sind, so wissen wir doch, daß bei vielen Tieren die Lebensäußerungen, wie Wachstum, Vitalität, Widerstand gegen Schädigungen, Instinkte usw., in ähnlicher Weise innerhalb der Arten veränderlich sind. Wenn die VT. für die Art typisch ist, also wie körperliche Eigenschaften als Artmerkmal angesehen werden kann, so darf man auch erwarten, daß ihre Höhe entsprechend wie diese schwanken kann. Es gibt hierfür Beispiele, von denen wir eines in Tabelle 1 schon kennenlernten. Bei dem Laufkäfer *Carabus nemoralis* nimmt die VT.-Höhe innerhalb des Verbreitungsgebietes von Nordosten nach Südwesten zu. Käfer aus Dresden hatten wesentlich tiefere Werte als solche aus Südfrankreich. Parallel damit gehen andere physiologische und morphologische Veränderungen (Zunahme der Neigung zum Tagleben und der Augenwölbung), so daß KRUMBIEGEL (1932) von „Rassen" spricht, die gleitend ineinander übergehen. Verschiedene Unterarten der Körnerameise *Messor semirufus* in Palästina, die an denselben Örtlichkeiten gefunden werden, sollen voneinander abweichende VT.-Höhen haben (BODENHEIMER und KLEIN 1930). Von Reptilien liegen einige Beispiele vor, die zeigen, daß die Höhe der VT. innerhalb des Artareals an verschiedenen Orten einerseits gleich, andererseits aber auch recht abweichend sein kann. Sehr deutlich ist dies bei der italienischen Ruineneidechse *Lacerta sicula* (Tabelle 3).

Die Eidechsen von Bologna, Rovigno, Neapel, Sorrent und Capri haben dieselben VT.-Höhen, obgleich die Fundorte zum Teil sehr weit auseinander liegen und die Tiere aus Nord- und Süditalien von der Systematik als verschiedene Rassen gewertet werden. Die VT.-Höhen der Echsen von den beiden kleinen Inseln Figarola Grande und Bagnole weichen von denen der Tiere des benachbarten istrianischen Festlandes und voneinander ab (die Unterschiede sind statistisch gesichert). Die systematisch nicht voneinander unterschiedenen Echsen aus Neapel und von den hochgelegenen Fundorten auf dem unweit gelegenen Vesuv und Monte Faito haben verschiedene VT.-Werte. Die wegen ihrer dunkelblauen Färbung von der grünen „Stammform" systematisch abgetrennten Eidechsen der kleinen, dicht bei Capri im Meere liegenden Faraglioni-Klippen haben eine bedeutend höhere VT. als die grüne Form. Im Falle der Eidechsen ergibt sich, daß Populationen von Inseln — besonders von kleinen Inseln — und solche aus größeren Höhenlagen oft andere (meist höhere) VT.-Werte haben als die „Stammformen" des Festlandes oder der Ebene (HERTER 1940a). Kürzlich hat KALABUCHOV (1939) an einem großen Material die Frage der Gleichheit und Verschiedenheit der VT.-Höhen an verschiedenen Fundorten bei den beiden nah miteinander verwandten Waldmausarten *Apodemus sylvaticus* und *flavicollis* untersucht. Seine Ergebnisse bestätigen die von mir 1936 festgestellte Tatsache, daß die Feld-Waldmaus (*A. sylvaticus*) eine höhere artliche VT. hat als die Wald-Waldmaus (*A. flavicollis*), wenn auch unsere Zahlenwerte in ihren absoluten Höhen recht erheblich voneinander abweichen, was zum Teil in Verschiedenheiten der Apparaturen liegen mag. Ich fand bei beiden Arten zwischen Mäusen von verschiedenen deutschen Fundorten keine Abweichungen. KALABUCHOVS Feld-Waldmäuse aus der Provinz Moskau, Rostow und dem Bezirk Berdjansk verhielten sich ebenfalls untereinander gleich; dagegen waren die VT.-Werte bei Tieren vom Vorkaukasus höher und bei solchen aus Isiumsk aus der Provinz Charkow tiefer als bei den vorigen. Wald-Waldmäuse aus Leningrad, Kursk und Charkow hatten dieselben VT.-Höhen. Als letztes Beispiel für abweichende VT.-Höhen innerhalb der Arten nenne ich die Albinos von

Tabelle 3.

Lacerta sicula	Fundort	V.T. M ± 3 m = + °C
L. s. campestris (BETTA)	Bologna	40,03 ± 0,37
	Rovigno (Istrien)	40,29 ± 0,28
	Insel Figarola Grande bei Rovigno	39,68 ± 0,19
L. s. bagnolensis (MERTENS)	Insel Bagnole bei Rovigno	40,90 ± 0,21
L. s. sicula (RAFINESQUE)	Neapel	40,26 ± 0,45
	Vesuv (770 m hoch)	41,08 ± 0,26
	Monte Faito bei Neapel (1000 m hoch)	41,54 ± 0,26
	Sorrent	40,63 ± 0,13
	Insel Capri	40,58 ± 0,12
L. s. coerulea (EIMER)	Faraglioni-Insel bei Capri	42,82 ± 0,30

Hausmaus und Wanderratte, die beide tiefere Werte haben als ihre wildfarbigen grauen Stammformen (s. später).

Die VT.-Höhe ist demnach als Artmerkmal anzusehen, ähnlich wie die Färbung. Sie kann innerhalb der Art — wie ja auch die Färbung — in manchen Populationen von der Norm abweichen. Sie kann bei Populationen, die von der Systematik als Rassen angesehen werden, anders als bei der Stammform sein, muß dies aber nicht. Andererseits können Populationen, die in den sonstigen erfaßbaren Merkmalen einander gleichen, verschiedene VT.-Höhen haben. Das Vorkommen von der Norm abweichender VT.-Höhen bei Reptilien von kleinen Inseln und aus dem Gebirge läßt sich mit dem Insel- und Gebirgsmelanismus — der gerade auch bei Reptilien häufig zu beobachten ist — vergleichen. Vielleicht beruhen beide Erscheinungen auf ähnlichen Ursachen, nämlich auf Mutationshäufung in relativ isolierten Populationen. Einer erhöhten VT. im Gebirge kann vielleicht auch positiver Selektionswert zukommen, da damit stärkere Erwärmung des Tieres in dem kurzen Sommer, also bessere Ausnutzung der Wärme und dadurch schnelleres Wachstum, verbunden ist. Dies könnte die Mutationshäufung begünstigen (HERTER 1940a).

Das bisher Gesagte macht es wahrscheinlich, daß die Höhe der artlichen oder rassischen VT. ein erbliches Merkmal ist. Experimentelle Untersuchungen über diese Frage liegen bis jetzt nur an Mäusen vor (HERTER 1936; HERTER und SGONINA 1938). Die VT.-Höhe weißer Laboratoriumsmäuse (*W*) war im Mittel $+34{,}61 \pm 0{,}07$, die der grauen wilden Stammform (*G*) $+37{,}34 \pm 0{,}06$ und die von in Deutschland gezüchteten japanischen Tanzmäusen (*T*) $+33{,}85 \pm 0{,}13°$. Die 3 Mäuseformen sind in jeder Kombination leicht unbegrenzt kreuzbar. Bei der Kreuzung zwischen *W* und *G* ergaben sich in der F_1-Generation graue Mäuse mit einheitlichen VT.-Werten von $+34{,}61 \pm 0{,}06°$. Von den F_2-Bastarden hatten 12 den Mittelwert $+34{,}62 \pm 0{,}11$ und 7 den Mittelwert $+37{,}16 \pm 0{,}15°$. Die Fellfärbungen spalteten auf, aber ganz unabhängig von den VT.-Höhen. Die verschieden gefärbten Rückkreuzungsbastarde zwischen F_1 und *W* hatten einheitliche Werte von im Mittel $+34{,}93 \pm 0{,}10°$. Bei den Rückkreuzungsbastarden mit *G*, die alle grau waren, ergaben sich 16 Mäuse mit einer mittleren VT. von $+34{,}80 \pm 0{,}19$ und 12 mit einer solchen von $+37{,}32 \pm 0{,}12°$ (Fig. 2). Es zeigt sich also, daß *die VT.-Höhe vererbt* wird, und zwar ist die der weißen Hausmaus dominant über die der grauen, umgekehrt wie die Fellfärbung, die mit Dominanz von Grau vererbt wird. Entsprechende Versuche mit anderen Kreuzungskombinationen ergaben, daß die VT.-Höhe der Tanzmaus sowohl über die der grauen als auch über die der weißen Hausmaus dominiert. *Die VT.-Höhe ist demnach* — wenigstens bei den untersuchten Mäusen — *ein erbliches Art- oder Rassemerkmal*, das sich genetisch wie manche Färbungsmerkmale verhält. Bei anderen Tieren wird wohl Ähnliches vorkommen.

Die VT. ist die Bodentemperatur, die von den Tieren zum Ruhen aufgesucht wird, also wahrscheinlich diejenige, bei der sie „sich am meisten wohlfühlen". Es ist schlecht vorstellbar, daß die Empfindung für die absolute Temperaturhöhe, bei der das Tier „sich am meisten wohlfühlt", als solche vererbt werden kann. Man muß annehmen, daß das, was vererbt wird, die morphologischen oder physiologischen Faktoren sind, die die absolute Temperaturhöhe dieser Empfindung bestimmen. Bei den Homoiothermen ist die konstante Körpertemperatur indirekt der Maßstab für die Höhe der VT. Von ihr hängt die Höhe der Hauttemperatur ab, und zwar maßgeblich der morphologischen und physiologischen Einrichtungen der peripheren Wärmeregulation. Die Thermorezeptoren liegen unter der Epidermis. Ihre Temperatur wird von dem Tier perzipiert, und eine bestimmte Höhe dieser Temperatur wird als die „angenehmste" empfunden. Die Temperaturhöhe der Thermorezeptoren wird reguliert von der Körpertemperatur und durch die Wärmeaufnahme und -abgabe durch die äußeren Körperschichten; bei Säugetieren also durch Epidermis und Behaarung. Die wärmeregulatorischen Eigenschaften dieser Schichten bestimmen demnach die

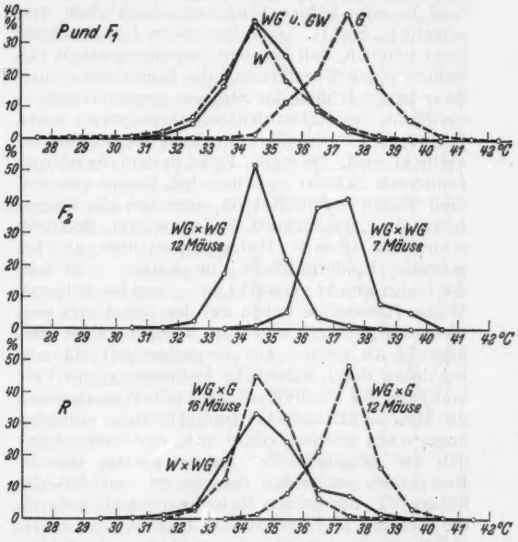


Fig. 2. Frequenzkurven der VT.-Werte der Bastarde zwischen grauen und weißen Hausmäusen. Absz.: Bodentemperaturen. Ordin.: Anzahl der Besuche der einzelnen Bodentemperaturen in Prozenten. *G:* graue Hausmäuse; *W:* weiße Hausmäuse; *WG* und *GW:* F_1-Bastarde zwischen *G* und *W*; *WG×WG:* F_2-Bastarde; *WG×G* und *W×WG:* Rückkreuzungsbastarde. Nach HERTER 1936.

VT.-Höhe mit. Bei 2 Säugetieren, für die die „angenehmste" Reiztemperatur an den Rezeptoren gleich hoch ist, muß dasjenige, dessen Epidermis und Behaarung weniger Wärme hindurchlassen, eine höhere VT. haben als das andere, bzw. muß bei ein und demselben Tier, wenn sich die wärmeisolierenden Eigenschaften des Felles verändern, auch die Höhe der VT. verschieben. Daß dies so ist, lehren die schon erwähnten Versuche mit Mäusen, bei denen sich bei längerem Aufenthalt in sehr warmer Umgebung die VT. nach unten und in sehr kühler Umgebung nach oben verschiebt (s. Fig. 1). Die histologische Untersuchung zeigt nämlich, daß bei dem Wärmeaufenthalt (als Schutz gegen Überhitzung) die Epidermis — und zwar hauptsächlich das Stratum germinativum — verdünnt, bei Kälteaufenthalt (zum Schutz gegen Erfrieren) — besonders im Stratum corneum — verdickt wird. Im ersten Falle, in dem die wärmeisolierende Schicht zwischen den Rezeptoren und dem Boden vermindert ist, erreichen die Rezeptoren die „angenehmste" Temperatur demnach schon bei tieferen Bodentemperaturen als bei normaler Epidermisdicke, im zweiten — in dem die Isolierschicht verstärkt ist — erst bei höheren. Weiße Hausmäuse haben auf der Bauchseite eine dickere Epidermis und eine weniger dichte Behaarung als graue. Aus Versuchen mit Mäusen, bei denen durch künstliche Enthaarung und Veränderung der Epidermisdicke durch Warmhaltung die Hautverhältnisse bei beiden Formen einander angeglichen wurden, ergibt sich, daß wahrscheinlich die „angenehmste" Reiztemperatur für die Rezeptoren bei beiden dieselbe ist und daß die höhere VT. der grauen Maus hauptsächlich durch die dichtere Bauchbehaarung bedingt wird.

Die strukturelle Hautbeschaffenheit der beiden Mäuseformen verhält sich genetisch wie die VT. D. h. die F_1-Bastarde haben alle die Epidermisdicke und Haardichte der weißen und deren VT. Bei 18 Rückkreuzungsbastarden zwischen F_1 und grauer Maus lag bei 10 Tieren die Haaranzahl pro Flächeneinheit des Bauches in der Größenordnung der weißen Mäuse und ebenso ihre VT. Bei den übrigen 8 entsprachen Haardichte und VT. etwa den Verhältnissen der grauen Mäuse. Die Epidermismessungen hatten etwas unklare Ergebnisse. Haardichte und Epidermisdicke der weißen Maus sind im Erbgange dominant über die entsprechenden Merkmale der grauen. Da sie die Höhe der VT. bestimmen, wird auch diese dominant „vererbt" (HERTER und SGONINA 1938). Über entsprechende Verhältnisse bei anderen Tieren wissen wir bisher noch nichts.

Die VT. ist die Temperatur des Bodens, bei der sich das Tier „am meisten wohlfühlt". Es ist wahrscheinlich, daß die Umstände, bei denen ein Tier sich „am meisten wohlfühlt", und die es deswegen anstrebt, ihm einen Vorteil bringen. *Welchen Vorteil hat das Tier durch den Aufenthalt bei seiner Vorzugstemperatur?* Es liegt nahe, diesen Vorteil auf stoffwechselphysiologischem Gebiet zu suchen. Ein relativ leicht messend zu beobachtendes Kennzeichen für die Intensität des Stoffwechsels ist bei vielen Tieren die Atemhäufigkeit in der Zeiteinheit. Da die Stoffwechselintensität temperaturabhängig ist, verändert sich die Atemfrequenz mit der Temperatur. Es finden sich hierbei grundsätzliche Unterschiede zwischen Poikilothermen und Homoiothermen. Bei wechselwarmen Tieren, deren Körpertemperatur mit der Umgebungstemperatur mitgeht, erhöht sich der Stoffwechsel und damit die Atemfrequenz mit steigender Wärme. Eine normale Eidechse, die auf einer sich langsam erwärmenden Unterlage ruht, erwärmt sich durch Strahlung und Leitung aus dem Boden; dementsprechend steigt ihre Atemfrequenz.

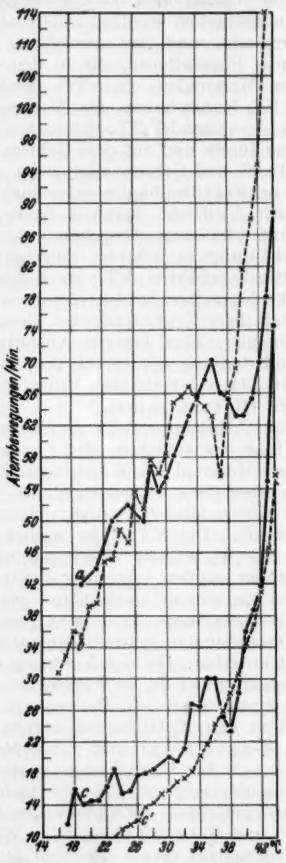


Fig. 3. Beziehungen der Atemfrequenz (Ordin.) zu den Bodentemperaturen (Absz.) bei ruhenden Eidechsen a: *Lacerta melisellensis* (VT. = + 40,50 ± 0,16°); b: *Lacerta vivipara* (VT. = 37,37 ± 0,16°); c: *Lacerta agilis* (VT. = + 38,57 ± 0,22°); c': *Lacerta agilis* ohne Vorderhirn.

Dies geschieht aber nicht gleichmäßig; denn — wie Fig. 3 zeigt — nimmt die Beschleunigung der Atmung bis zu einem Maximum zu, um darauf ziemlich schnell zu einem Minimum abzufallen, von dem aus dann ein sehr steiler Anstieg erfolgt. Der Vergleich verschiedener Echsenarten untereinander zeigt, daß diese Minima der Atemfrequenzen bei Bodentemperaturen auftreten, die in den VT.-Gebieten liegen (s. Fig. 3). Man könnte daraus schließen, daß in dem VT.-Gebiet im Stoffwechsel Besonderheiten auftreten, durch die die Atemfrequenz vermindert wird. Daß dies aber nicht der Fall ist, geht aus Versuchen mit narkotisierten oder vorderhirnlosen Eidechsen hervor. Bei ihnen fehlt der typische Knick in der Atemfrequenz-Temperaturkurve (s. Fig. 3). Durch die Narkose oder den Verlust des Vorderhirns werden die höheren nervösen Zentren ausgeschaltet, der Stoffwechsel wird jedoch dadurch nicht wesentlich beeinflußt. Die Verminderung der Atemfrequenz im VT.-Gebiet wird demnach vom Zentralnervensystem, und zwar speziell vom Vorderhirn aus, verursacht, ist also eine psychische Funktion. Dem Zentralnervensystem der Eidechsen muß man die Fähigkeit zusprechen, ohne den Maßstab der eigenen konstanten Körpertemperatur absolute Temperaturen „erkennen" zu können.

Bei dem Aufsuchen der VT. handelt es sich bei den Eidechsen um ein typisches Appetenzverhalten im Sinne LORENZ' (1937), und zwar um den Sonderfall des Anstrebens eines „triebbedingten Ruhezustandes" (HOLZAPFEL 1940). Das Tier sucht aktiv nach einer Reizsituation, in der es sich zur Ruhe legen kann. Dieses „Suchen" ist mit gesteigerter psychischer Erregung verbunden, die sich durch Erhöhung der Atemfrequenz bei Annäherung an das VT.-Gebiet äußert. Nach Erreichung der VT.-Zone und Befriedigung der Appetenz tritt psychische Beruhigung ein, was Senkung der Atemfrequenz zur Folge hat. Übersteigt die Bodentemperatur das VT.-Gebiet, so wird die Erregung und damit die Atemfrequenz sehr gesteigert.

Bei den homoiothermen Säugetieren ist es anders als bei den poikilothermen Reptilien. Eine Maus, die auf einer relativ kühlen Unterlage ruht, muß ihre Stoffwechselintensität vergrößern, um den durch Leitung und Strahlung in den kühlen Boden entstehenden Wärmeverlust auszugleichen und die Körpertemperatur auf ihrer normalen konstanten Höhe zu erhalten. Die Maus hat eine bestimmte Atemfrequenz, die dieser Stoffwechselintensität entspricht. Steigt die Bodentemperatur, so verringert sich die Differenz zwischen ihr und der Körpertemperatur, also der Wärmeverlust und damit die Atemfrequenz. Ist die Bodentemperatur so weit gestiegen, daß dem Körper durch die Unterlage keine Wärme mehr entzogen wird, so erreicht die Atemfrequenz ein Minimum, da jetzt keine Energie zum Ausgleich des Wärmeverlustes durch die Unterlage mehr aufgewendet werden braucht. Bei weiterer Erhöhung der Bodentemperatur wird dem Körper mehr Wärme zugeführt, als er zur Konstanterhaltung der Eigentemperatur nötig hat; er muß nun Energie aufbringen, um einer Überhitzung entgegenzuarbeiten. Er schaltet seine Regulationsmechanismen gegen Erwärmung ein, was Steigerung des Stoffwechsels und somit der Atemfrequenz bedingt (Fig. 4). Die Temperatur-Atemfrequenzkurven von Nagetieren zeigen, daß das Minimum der Frequenz bei Bodentemperaturen auftritt, die in der Nähe der VT. liegen. Wir können daraus ableiten, *daß bei Nagetieren die VT. die Temperatur ist, bei der der Wärmeausgleich zwischen Tierkörper und Boden gerade so groß ist, daß das Tier mit dem geringsten Energieverbrauch seine Körpertemperatur konstant erhalten kann.* Im Gegensatz zu den poikilothermen Eidechsen verändert sich die Temperatur-Atemfrequenzkurve der Mäuse in Urethannarkose nicht wesentlich (s. Fig. 4). Die sicher auch bei den homoiothermen Nagern vorhandene Appetenz zum Aufsuchen der VT. drückt sich nicht in Veränderungen der Atemfrequenz aus (HERTER 1940b).

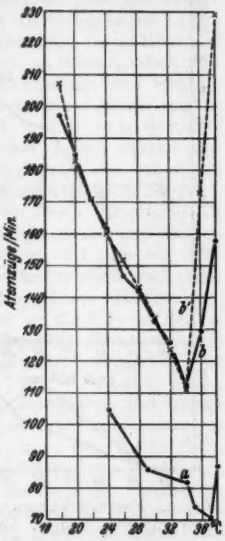


Fig. 4. Beziehungen der Atemfrequenz (Ordin.) zu den Bodentemperaturen (Absz.) bei ruhenden Mäusen.
a: graue Hausmaus (VT. = + 37,34 ± 0,06°);
b: weiße Hausmaus (VT. = + 34,61 ± 0,07°);
b': narkotisierte weiße Hausmaus.

Wie aus den bisher angeführten Beispielen schon ersichtlich, sind die artlichen oder rassischen VT.-Höhen der Tiere recht verschieden. Das regt die Frage an, *womit die absolute Höhe der VT. bei den einzelnen Tierformen zusammenhängt.* Es sind eine ganze Reihe von Faktorenkomplexen, die hier in Betracht kommen: *die geographische Verbreitung, der Biotop, die Lebensweise, die Körpergröße und die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Verwandtschaftsgruppe.* Da alle diese Faktoren — und wohl noch manche andere — die VT.-Höhe bedingen oder beeinflussen können, ist es nicht immer leicht, die Beziehungen klar zu erkennen. Bei den bisher untersuchten Reptilien fällt es auf, daß die VT.-Werte der Schlangen im Verhältnis zu denen der Echsen niedrig sind. Bei norddeutschen Exemplaren wurden folgende VT.-Höhen ermittelt: Kreuzotter (*Vipera berus*): + 32,96 ± 1,04, Ringelnatter (*Natrix natrix*): + 34,28 ± 0,21 und Glattnatter (*Coronella austriaca*): + 34,96 ± 0,70°. Bei Eidechsen dagegen: Wieseneidechse (*Lacerta vivipara*): + 37,37 ± 0,16 und Zauneidechse (*Lacerta*

agilis): 38,57 ± 0,22°. Kreuzotter und Wieseneidechse leben in denselben Biotopen (in Mooren, Brüchen und Heidegelände) und ebenso die Glattnatter und ihr Hauptnahrungstier, die Zauneidechse (auf trockenen sonnigen Hängen). Eine Ausnahme macht die Blindschleiche (*Anguis fragilis*), deren VT. nur + 28,38 ± 0,29° betrug. Sie ist ein ausgesprochenes Waldtier, bevorzugt also einen relativ kühlen und feuchten Biotop. Recht deutlich ist der Zusammenhang zwischen der geographischen Verbreitung und der VT.-Höhe bei einigen europäischen Schlangen und Eidechsen. Von den Schlangen geht die Kreuzotter am weitesten nach Norden, dann folgt die Ringelnatter und zuletzt die Glattnatter. Unter den Eidechsen bewohnt die Wieseneidechse noch ganz Skandinavien, die Zauneidechse dringt nur noch bis Südschweden vor, und die Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) mit der recht hohen VT. von über + 41° ist eine südeuropäische Form, die nur einige „Ausläufer" in ein paar besonders warme Gebiete Nordeuropas schickt. Innerhalb derselben Verwandtschaftsgruppe gehen also die Formen mit den tieferen VT.-Werten weiter nach Norden als die mit den höheren. Auch hier bildet die Blindschleiche eine Ausnahme; sie ist trotz ihrer tiefen VT. nicht so weit nach Norden verbreitet wie die Wieseneidechse, wohl weil ihr in Nordskandinavien ihr Biotop, der Wald, nicht in geeigneter Weise zur Verfügung steht. Die Geckonen sind eine südliche Echsengruppe. Bei 5 südeuropäischen und nordafrikanischen Arten lagen die VT.-Werte zwischen + 34,7 und 38,8°, also im Vergleich zu den nordeuropäischen *Lacerta*-Arten recht tief. Dies liegt wohl sicher an der nächtlichen Lebensweise dieser Tiere, die, wenn sie sich auch gelegentlich sonnen, tagsüber meist in Mauerspalten, Felsritzen u. dgl. ruhen und in den kühleren Nächten aktiv sind. Der einzige untersuchte Taggecko, *Gymnodactylus kotschyi*, von der Kykladeninsel Santorin, der sich auf oder unter von der südlichen Sonne erwärmten Steinen aufhält, hatte aber eine VT. von + 42,36 ± 0,24°. Die höchsten VT.-Werte sind von Wüstentieren zu erwarten; jedoch gibt es auch bei ihnen Unterschiede, die sich zum Teil durch die speziellen Lebensweisen deuten lassen. Der Hardun der Araber, der Schleuderschwanz (*Agama stellio*), der auf den sonnendurchglühten Steinen der Sahara zu sitzen pflegt, hat die höchste bisher überhaupt festgestellte VT. von über + 45° (vgl. Tabelle 2). Der Fransenfinger (*Acanthodactylus boskianus*), eine Wüstenechse, die nur am Rande der Sandstreifen lebt und sich zeitweise unter Wurzelwerk und in Sandlöchern verbirgt, ergab nur + 39,47 ± 0,33°. *Im* Sande der Sahara halten sich Wühlechsen der Gattung *Chalcides* auf, von denen die eine, die Walzenechse (*Ch. ocellatus*), eine VT. von + 40,30 ± 0,27, die andere, die Keilschleiche (*Ch. sepoides*), jedoch eine solche von nur + 37,37 ± 0,14° hat. Dieser Unterschied erklärt sich wohl so, daß die erste in den oberen, stark von der Sonne durchwärmten, die zweite in den tieferen, kühleren Sandschichten lebt.

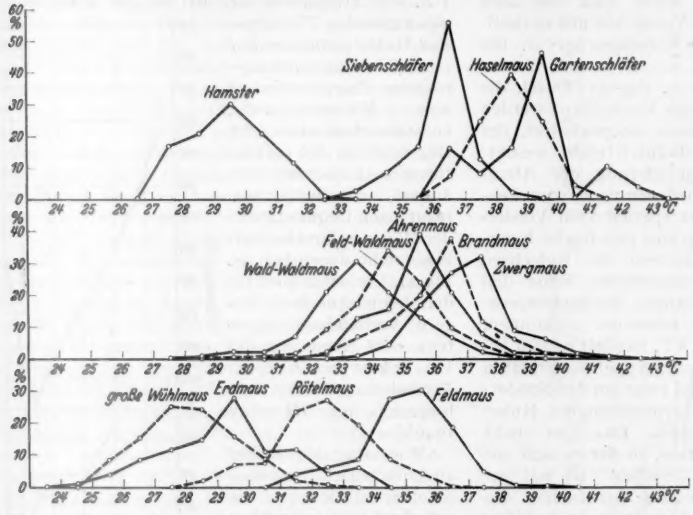


Fig. 5. Frequenzkurven der VT.-Werte wildlebender Nager. Absz.: Bodentemperaturen; Ordin.: Anzahl der Besuche der einzelnen Bodentemperaturen in Prozenten. Nach HERTER 1936.

Interessante Beziehungen zwischen den VT.-Höhen und den obengenannten verschiedenen Faktoren ergaben die bisher geprüften Kleinsäuger. Bei den wildlebenden Nagetieren liegen die artlichen VT.-Höhen zwischen etwa + 28 und 39°. Die höchsten Werte findet man bei den Schläfern (*Muscardinidae*), einer Nagergruppe, die nicht sehr weit nach Norden verbreitet ist. Die niedrigsten bei den Wühlmäusen (*Microtinae*) und dem ihnen verwandtschaftlich nahestehenden Hamster, die in einigen Vertretern nördlich über den Polarkreis hinausgehen und im Gebirge viel höher hinaufsteigen als die echten Mäuse. Die echten Mäuse (*Murinae*) stehen, sowohl in bezug auf ihr Vordringen nach Norden als auch in Hinblick auf ihre VT.-Höhen, zwischen diesen beiden Gruppen (Fig. 5). Innerhalb dieser Verwandtschaftsgruppen zeigen sich Beziehungen, von denen

nur einige Beispiele erwähnt seien: Feldmaus (*Microtus arvalis*), Rötelmaus (*Evotomys glareolus*) und kurzohrige Erdmaus (*Pitymys savii*) sind etwa gleich groß (Rumpf + Kopf: 100—110 mm lang), leben jedoch in verschiedenen Biotopen. Die Feldmaus mit der höchsten VT. auf Feldern und Wiesen, die Rötelmaus, deren VT. bedeutend tiefer liegt, im Walde und die Erdmaus mit den noch viel niedrigeren Werten *in* der Erde. Die große Wühlmaus oder „Wasserratte" (*Arvicola terrestris*), deren VT. den tiefsten bisher für Säugetiere ermittelten Wert (+ 28,15 ± 0,45°) hat, lebt ebenfalls unterirdisch, zum Teil in der unmittelbaren Nähe von Wasser, also in einem sehr kühlen und feuchten Biotop. Außerdem ist sie etwa doppelt so groß wie die anderen Wühlmäuse, was auch mit der geringen Höhe ihrer VT. in Beziehung stehen mag, da nach dem „Oberflächengesetz" die größeren Homoiothermen mit der relativ kleineren Oberfläche ein geringeres Wärmebedürfnis haben können als die kleineren. Von den echten Mäusen hat die kleinste Art, die Zwergmaus (*Micromys minutus*), die höchste, die größte, die Wald-Waldmaus oder Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*), die niedrigste VT. Zwergmaus und Brandmaus (*Apodemus agrarius*) bewohnen etwa die gleichen Biotope. Die Brandmaus hat die tiefere VT., sie ist die größere Art. Die Fledermäuse haben alle sehr hohe VT.-Werte (bei 11 Arten schwankten sie zwischen etwa + 39 und 42½°). Da alle Fledermäuse ein nächtliches Leben führen, mag dies zunächst befremden (vgl. die Geckonen). Die VT. ist jedoch die Temperatur, die die Tiere zum Ruhen aufsuchen, bei den Fledermäusen also die, die sie für den Tagesschlaf bevorzugen. Die Tagesverstecke der Fledermäuse sind meist an sehr warmen Orten: auf Dachböden, unter Kirchendächern, an Schornsteinen, hinter besonnten Fensterläden, unter Baumrinde usw. Im einzelnen lassen sich noch mancherlei Beziehungen — ähnlich wie bei den Nagern — finden, worauf hier aber nicht eingegangen werden kann (s. HERTER 1934).

Einige vorläufige Ergebnisse an Heuschrecken und Grillen aus der Umgebung Berlins, Insekten, die im allgemeinen ziemlich eng an bestimmte Biotope gebunden sind und die im großen und ganzen recht „wärmeliebend" sind, seien mitgeteilt. Wie schon gezeigt (Tabelle 1), hat die Feldheuschrecke *Oedipoda coerulescens* eine sehr hohe VT., die mit über 44½° die des Hardun aus der Sahara fast erreicht. Das Tier lebt auf öden, vegetationsarmen, steppenartigen Geländestrichen mit freien Sandflächen, auf denen es in der prallen Sonne zu sitzen pflegt. Es bewohnt also einen sehr warmen und trockenen Biotop. Nicht ganz so heiß ist der Lebensraum einer anderen Feldheuschrecke, der rotflügligen Schnarrheuschrecke *Psophus stridulus*, die auf sehr trockenen Wiesen und an Waldrändern fliegt. Ihre VT. beträgt + 43,83 ± 0,25°. *Mecosthetus grossus* hat eine bedeutend tiefere VT. (+ 42,05 ± 0,12°), er lebt auf feuchten Wiesen. Unter den Laubheuschrecken ist das große grüne Heupferd (*Tettigonia viridissima*) ziemlich eurytop, es findet sich in Laubwäldern, an Waldrändern, auf Schneisen, auf Wiesen und auch in Getreide- und Kartoffelfeldern, und zwar vorwiegend auf niederen Pflanzen, Sträuchern und Bäumen, die weniger warme Biotope sind als der windgeschützte Boden. Als VT. wurden + 41,22 ± 0,17° ermittelt. Die VT. des Warzenbeißers (*Decticus verrucivorus*), der am Boden auf trockenerem Gelände lebt, wurde (allerdings nur an einem Tier) mit + 42,32 ± 0,35° festgestellt. Auch die Larven von *Decticus* haben eine höhere VT. als die von *Tettigonia viridissima* (NIELSEN 1938). Als stenotop anzusehen ist die kleine grüne Laubheuschrecke (*Conocephalus dorsalis*), die im Röhricht / der Uferzone von Gewässern, an Wiesengräben und an Gräsern und anderen Pflanzen auf Sumpfwiesen vorkommt. Entsprechend dem relativ kühlen Biotop ist ihre VT. nur + 39,39 ± 0,22°. Ein zum Teil unterirdisches Leben führen die Feldgrillen (*Liogryllus campestris*), die auf nicht zu feuchten Wiesen, aber auch in der „Steppe" ihre Wohnröhren bauen, an deren Eingängen sie oft in der Sonne sitzen. Obgleich sie zum Teil in recht warmen Biotopen leben, ist ihre VT. nur + 37,01 ± 0,18°, was wahrscheinlich mit dem Aufenthalt in den relativ kühlen Höhlen zusammenhängt. Noch tiefer ist die VT. der Hausgrille, des Heimchens (*Liogryllus domesticus*), sie beträgt im diffusen Tageslicht + 35,98 ± 0,62 und im Dunkeln sogar nur + 32,58 ± 0,74°. Das Heimchen kommt in Nordeuropa fast nur in menschlichen Behausungen vor, und zwar in künstlich erwärmten Räumen, wie Backstuben, Zentralheizungen, Tierhäusern zoologischer Gärten usw., wo es sich meist in der Nähe der Heizkörper aufhält. Daß seine VT. gegenüber der der freilebenden Verwandten niedrig ist, liegt wohl daran, daß in geheizten Räumen die Differenz zwischen der Bodentemperatur und der Lufttemperatur viel geringer ist als im Freien. Daher ist das Tier an einer Bodenstelle von bestimmter Temperatur in einer wärmeren Umgebung als auf einer gleichwarmen Bodenstelle im Freien, wo die Luft über dem durch Sonnenbestrahlung erwärmten Boden meist erheblich kühler ist als dieser. Es ist infolgedessen darauf eingestellt, sich nach einer relativ niedrigen Bodentemperatur zu richten.

Die Beziehungen zwischen der VT. und der speziellen Lebensweise sind auch bei manchen anderen Insekten sehr augenfällig. Ich erwähnte schon, daß die jungen Larven der Stubenfliege hohe, die alten tiefe VT.-Werte haben. Die jungen fressenden Maden leben in den tiefen Dungschichten des Misthaufens, in denen sehr hohe Temperaturen herrschen. Mit zunehmendem Alter wandern sie immer mehr zu der kühleren Oberfläche des Haufens, an der sie sich verpuppen (THOMSEN 1937). Nach NORDBERG (1936) ist die Höhe der VT. ein wichtiger Faktor für die Verteilung der sog. nidikolen Insekten in Vogelnestern. Das Nest wird von innen durch die sehr warmen

Vogelkörper geheizt, und die Wärme fließt nach außen ab, so daß in der Wand ein Temperaturgefälle entsteht. Ein bewohntes Vogelnest ist gewissermaßen als eine natürliche Temperaturorgel anzusehen. Die in der künstlichen Temperaturorgel ermittelten Daten für die einzelnen in den Nestern in regionaler Verteilung vorkommenden Insektenarten lassen erkennen, daß die Vogelparasiten, die in der am meisten erwärmten Nestmulde leben, die höchsten, die sich in den äußersten Schichten aufhaltenden Arten die tiefste VT. haben. Die VT.-Werte der Arten aus den Mittelschichten liegen dazwischen. KROGERUS (1937) untersuchte Insekten von den mikroklimatisch verschiedenen Ufern eines finnischen Sees. Die auf dem „wärmeren" Nordufer gefundenen Arten hatten höhere VT.-Werte als die von dem „kühleren" Südufer. Hier zeigt sich die Bedeutung der VT. für die geographische Verteilung von Tierarten.

Bei ektoparasitischen Insekten von Homoiothermen scheint die Höhe der VT. der Hauttemperatur der Wirte zu entsprechen. Ich erwähne die Kleiderläuse (*Pediculus vestimenti*), die nach MARTINI (1918) etwa + 29° bevorzugen, eine Temperatur, die etwa der zwischen Haut und Hemd des Menschen im gemäßigten Klima gleichkommt. Die Temperatur der Schweinehaut soll im Mittel + 27,94° betragen. Die VT. der Schweinelaus (*Haematopinus suis*) ermittelte WEBER (1929) in der Temperaturorgel mit + 28,6°. Die VT. des Igelflohes (*Archaeopsylla erinacei*) liegt zwischen + 33 und 35° (SGONINA 1935). Die Temperaturen auf der behaarten Bauchfläche des Igels schwanken im Sommer im Tagesrhythmus zwischen + 33½ und 35½°.

Die kurze Zusammenstellung eines Teiles unseres Wissens über die VT. der Tiere hat es wohl deutlich gemacht, daß mit dem sinnesphysiologischen Begriff der VT. viele Fragen zusammenhängen, die weit über die Grenzen der reinen Sinnesphysiologie hinausgehen. Ausgehend von der messenden Feststellung der VT.-Höhen kommen wir auf Beziehungen zu Problemen der Stoffwechselphysiologie, der Tierpsychologie, der Genetik, der Stammesgeschichte, der Tiergeographie und der Ökologie. Es begegnen uns auf Schritt und Tritt Tatsachen und Fragen, die geeignet sind, Brücken zwischen den verschiedensten Zweigen der Zoologie zu schlagen. Mit der Erweiterung und Vertiefung unserer Kenntnisse über die VT. der Tiere werden diese Brücken zahlreicher und fester werden.

Literatur: F. S. BODENHEIMER, Studien zur Epidemiologie, Ökologie und Physiologie der afrikanischen Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria Forsk.*). Z. angew. Entomol. **15** (1929). — F. S. BODENHEIMER u. H. J. KLEIN, Über die Temperaturabhängigkeit von Insekten 2. Z. vergl. Physiol. **11** (1930). — K. HERTER, Eine verbesserte Temperaturorgel und ihre Anwendung auf Insekten und Säugetiere. Biol. Zbl. **54** (1934) — Das thermotaktische Optimum bei Nagetieren, ein mendelndes Art- und Rassenmerkmal. Z. vergl. Physiol. **23** (1936) — Die Beziehungen zwischen Vorzugstemperatur und Hautbeschaffenheit bei Mäusen. Verh. dtsch. zool. Ges. **1938** — Über den Temperatursinn der Insekten. 7. internat. Kongr. Entomol. **2** (1939) — a) Über Vorzugstemperaturen von Reptilien. Z. vergl. Physiol. **28** (1940) — b) Über das Wesen der Vorzugstemperatur bei Echsen und Nagern. Z. vergl. Physiol. **28**, (1940). — K. HERTER u. K. SGONINA, Vorzugstemperatur und Hautbeschaffenheit bei Mäusen. Z. vergl. Physiol **26** (1938) — M. HOLZAPFEL, Triebbedingte Ruhezustände als Ziel von Appetenzhandlungen. Naturwiss. **28** (1940). — N. KALABUCHOV, On ecological characters of closely related species of rodents 3. (Russisch.) Zool. J. **18** (1939). — R. KROGERUS, Mikroklima und Artverteilung. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. **60** (1937). — I. KRUMBIEGEL, Untersuchungen über physiologische Rassenbildung. Zool. Jb. (System.) **63** (1932). — K. LORENZ, Über den Begriff der Instinkthandlung. Fol. biotheoret. **2** (1937). — M. LUTFI, Das thermotaktische Verhalten einiger Reptilien. Diss. Berlin 1936. — E. MARTINI, Zur Kenntnis des Verhaltens der Läuse gegenüber Wärme. Z. angew. Entomol. **4** (1918). — E. T. NIELSEN, Zur Ökologie der Laubheuschrecken. Saertryk af Ent. Medd. **20** (1938). — S. NORDBERG, Biologisch-ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen. Acta zool. fenn. **21** (1936). — K. SGONINA, Die Reizphysiologie des Igelflohes (*Archaeopsylla erinacei Bouché*) und seiner Larve. Z. Parasitenkde **7** (1935). — E. u. M. THOMSEN, Über das Thermopräferendum der Larven einiger Fliegenarten. Z. vergl. Physiol. **24** (1937). — H. WEBER, Biologische Untersuchungen an der Schweinelaus (*Haematopinus suis*). Z. vergl. Physiol. **9** (1929).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Elektrischer und thermischer Übergangswiderstand von Metallkontakten.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit[1]) habe ich den thermischen Übergangswiderstand von gewissen Metallkontakten theoretisch untersucht. Es wurden dabei nur solche Metallkontakte betrachtet, bei denen reine Elektronenleitung vorliegt und bei denen der Elektronenübergang von einem Kontaktmetall zum anderen nur durch den sog. Tunneleffekt ermöglicht wird. Bei vielen vorkommenden Metallkontakten hat man es mit Kontakten mit *leitender* Zwischenschicht zu tun. Diese bleiben außer Betracht. Häufig treten aber auch Kontakte der von uns betrachteten Art auf. Es sind dies Kontakte mit sehr dünnen, nicht-*leitenden* Fremdschichten, wie sie von HOLM und MEISSNER[2]) eingehend experimentell auf ihr elektrisches Verhalten untersucht wurden. Diese Metallkontakte sind zwar gut gereinigt, aber noch nicht sehr stark im Vakuum ausgeglüht. Solche Kontakte besitzen einen elektrischen Übergangswiderstand, der auf eine sehr dünne, wahrscheinlich einmolekulare, Fremdschicht zurückzuführen ist. Diese dünnen Fremdschichten lassen sich nach HOLM und MEISSNER nur sehr schwer entfernen, und zwar durch Ausglühen im Vakuum bei sehr hohen Temperaturen. Dabei wird nicht nur der elektrische Übergangswiderstand beseitigt, sondern auch die Reibung der Kontaktglieder gegeneinander erhöht. Bringt man dann einen solchen ausgeglühten Kontakt minuten- bis stundenlang mit Luft in Berührung, so kehrt der elektrische Übergangswiderstand zurück, und die Reibung der Kontaktglieder gegeneinander nimmt wieder ab.

Es ist wahrscheinlich, daß es sich bei der Fremdschicht um eine adsorbierte, dünne Gashaut handelt. Die von HOLM und MEISSNER gefundenen Gesetzmäßigkeiten für den elektrischen Übergangswiderstand lassen sich nach HOLM und KIRSCHSTEIN[3]) im Rahmen der modernen Elektronentheorie der Metalle deuten, indem man die Annahme macht, daß die Fremdschicht selbst keine nennenswerte Leitfähigkeit besitzt, sondern nur einen Kontaktabstand festlegt. Die große Leitfähigkeit des Kontaktes kommt nur durch den Tunneleffekt zustande, der den Elektronen den Durchtritt durch die Fremdschicht erlaubt. Der elektrische Übergangswiderstand läßt sich dann in Abhängigkeit von der Dicke der Fremdschicht und der Austrittsarbeit der Elektronen berechnen.

In der eingangs erwähnten eigenen Arbeit habe ich den interessanten Fall untersucht, daß sich die beiden Kontaktmetalle auf verschiedenen absoluten Temperaturen T und $T + \Delta T$ befinden. Es läßt sich der elektrische Strom und der Wärmestrom durch den Kontakt in Abhängigkeit von der am Kontakt liegenden elektrischen Spannungsdifferenz und dem Temperaturunterschied ΔT angeben. Dabei ist erstens vorausgesetzt, daß das Elektronengas fast vollständig entartet ist und zweitens, daß der Durchlässigkeitskoeffizient klein gegen 1 ist für diejenigen Elektronen, deren Energie kleiner oder gleich der FERMIschen Grenzenergie ist. Die erste Voraussetzung ist für die meisten Metalle in nicht zu hohen Temperaturen erfüllt, während die zweite eine untere Grenze für die Dicke der Fremdschicht festlegt. Außerdem ist die Annahme freier Elektronen gemacht, so daß sich die Ergebnisse quantitativ nur auf einwertige Metalle anwenden lassen. Ist Q_x die Dichte des Wärmestromes durch den Kontakt, so läßt sich durch das Verhältnis $-Q_x/\Delta T$ eine thermische Kontaktleitfähigkeit pro Flächeneinheit festlegen. Es ergeben sich folgende Gesetzmäßigkeiten:

1. Die thermische Kontaktleitfähigkeit ist proportional zur Fläche eines Kontaktes, der thermische Übergangswiderstand also umgekehrt proportional zur Berührungsfläche.

2. Die thermische Kontaktleitfähigkeit ist temperaturabhängig, und zwar im ganzen Temperaturbereich, in dem unsere Voraussetzungen erfüllt sind, ist sie proportional zu T. Der thermische Kontaktwiderstand ist also proportional zu T^{-1}, und nimmt daher mit sinkender Temperatur zu.

3. Der Kontaktwiderstand pro Flächeneinheit läßt sich bei bekanntem Durchlässigkeitskoeffizienten in Abhängigkeit von der Austrittsarbeit und der Dicke des Kontaktspaltes zahlenmäßig berechnen.

4. Für den elektrischen und thermischen Kontaktwiderstand gilt das WIEDEMANN-FRANZsche Gesetz mit genau demselben Zahlwert, der sich für die Widerstände des homogenen Materials in höheren Temperaturen ergibt.

Bei vorgegebener Temperaturdifferenz am Kontakt hat man einen Wärmestrom durch den Kontakt. Ist umgekehrt der Wärmestrom durch den Kontakt vorgegeben, so tritt an der Kontaktstelle eine Temperaturdifferenz auf, die mit sinkender Temperatur größer wird, da $-\Delta T = w \cdot Q_x$, und w proportional zu T^{-1} ist. *Besonders in tiefen und tiefsten Temperaturen ist es daher im Allgemeinen nicht erlaubt anzunehmen, daß zwei sich berührende wärmedurchflossene Metalle in der Berührungsfläche dieselbe Temperatur besitzen.* Grundlegend ist das Auftreten dieser Temperaturunstetigkeit an der Berührungsstelle zweier Metalle auch für die Theorie der Thermokräfte. Die Existenz dieses Temperatursprunges führt nämlich dort zur Existenz von neuartigen Thermokräften, den sog. *„Kontaktthermokräften"*, die in [1]) näher untersucht sind.

Es hat sich herausgestellt, daß über den thermischen Kontaktwiderstand von Metallen schon experimentelle Untersuchungen vorliegen, deren Kenntnis ich E. JUSTI verdanke. Die ersten Beobachtungen über den schlechten Wärmeübergang durch Metallkontakte in tiefen Temperaturen scheint (nach unveröffentlichten Beobachtungen) JUSTI im Jahre 1931[4]) gemacht zu haben. Ähnliche Feststellungen haben später KEESOM und KOK[5]) bei ihren Messungen der spezifischen Wärme von Zink und Silber in tiefen Temperaturen gemacht. Die eingehendsten Untersuchungen stammen von R. B. JACOBS und C. STARR[6]). Diese Autoren untersuchen den thermischen Übergangswiderstand von gereinigten Metallkontakten im Hochvakuum bei Zimmertemperatur (25°) und bei −195°, in Abhängigkeit vom Druck, mit dem die Kontakte gegeneinander gepreßt werden. Mit zunehmendem Druck nimmt bei konstant gehaltener Temperatur der Kontaktwiderstand ab, wie es auf Grund der Theorie sein muß, da mit zunehmendem Druck die Berührungsfläche größer wird. Wichtiger ist die Folgerung, daß der Kontaktwiderstand mit abnehmender Temperatur zunimmt. Bei Cu-Kontakten z. B. ist der thermische Kontaktwiderstand bei −195° etwa 4mal so groß wie bei Zimmertemperatur. Dies ist in guter Übereinstimmung mit unseren theoretischen Ergebnissen. Die Kontaktwiderstände sollten sich nämlich umgekehrt verhalten wie die absoluten Temperaturen. Daraus ergibt sich für das Verhältnis der Kontaktwiderstände ebenfalls ungefähr der Wert 4.

Die besprochenen Ergebnisse über den thermischen Kontaktwiderstand sind auch von Bedeutung für das Verhalten des thermischen Widerstandes homogener Metalle in tiefen Temperaturen. Es ist nämlich wahrscheinlich, daß zwischen einzelnen Kristallkörnern im allgemeinen ebenfalls thermische Übergangswiderstände der besprochenen Art auftreten. Diese liefern einen zusätzlichen thermischen Widerstand, der proportional zu T^{-1} sein muß. Im übrigen ergeben auch die durch Einlagerung von Fremdatomen hervorgerufenen Störungen der Gitterperiodizität einen zusätzlichen thermischen Widerstand proportional zu T^{-1}. Tatsächlich beobachtet man in tiefen Temperaturen auch, daß der thermische Widerstand reiner Metalle proportional zu $1/T$ wird, wie dies Fig. 1 zeigt, in der das Produkt aus thermischem Widerstand (w) in die absolute Temperatur T in Abhängigkeit von T nach Messungen von W. J. DE HAAS und H. BREMMER[7]) (Pb, Sn und In), eingetragen ist. In tiefen Temperaturen sieht man eindeutig, daß die Kurven die Tendenz zeigen, zur Abszissenachse parallel zu verlaufen.

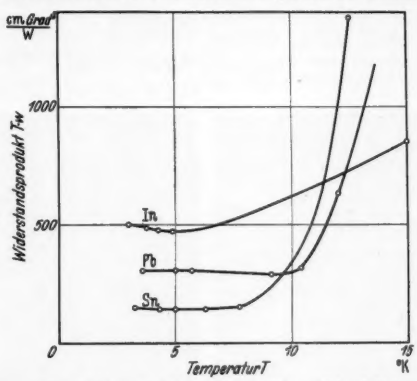


Fig. 1. Das Widerstandsprodukt $w \cdot T$ in Abhängigkeit von der absoluten Temperatur T nach Messungen von DE HAAS und BREMMER an In, Pb, Sn.

Berlin, I. Institut für Theoretische Physik der Universität, den 17. Februar 1941. MAX KOHLER.

[1]) M. KOHLER, Ann. Physik **38**, 542 (1940).
[2]) R. HOLM u. W. MEISSNER, Z. Physik **74**, 715, 736 (1932); **86**, 787 (1933).
[3]) R. HOLM u. B. KIRSCHSTEIN, Z. techn. Physik **16**, 488 (1935).
[4]) Nach einer mündlichen Mitteilung.
[5]) W. H. KEESOM u. J. A. KOK, Communications Leiden Nr 232 d (1933).
[6]) R. B. JACOBS u. C. STARR, Rev. of Scient. Instr. **10**, 140 (1939).
[7]) W. J. DE HAAS u. H. BREMMER, Communications Leiden Nr 214 a u. 214 d (1931).

Mittelwellige UV.-Strahlung als Klimafaktor für Hochgebirgspflanzen.

Versuche in den Klimakammern des Institutes[1]) hatten u. a. ergeben[2]), daß mittelwellige UV.-Strahlung einen geradezu verheerenden Einfluß ausübt: die meisten der

untersuchten Pflanzen gingen nach wenigen Tagen zugrunde, wenn sie zusätzlich zu einer Beleuchtung mit Nitralampen der Strahlung einer HgQ S 500[3]) ausgesetzt wurden. Nur einige Arten, vor allem Hochalpenpflanzen (*Epilobium alpinum, Arenaria Marschlinsii, Silene inflata*) hielten durch, sie wurden zwar im Wachstum offensichtlich gehemmt, entwickelten sich aber weiter und gelangten sogar bis zur Blüten- und Fruchtbildung (Fig. 10 bei PIRSCHLE und WETTSTEIN[2]). Diese vorläufigen Beobachtungen wurden in weiteren Klimakammerversuchen an einer größeren Zahl alpiner Oekotypen[4]) bestätigt. Unter sonst gleichen und konstanten Bedingungen (Temperatur 18—19°, Luftfeuchtigkeit 60—70%, täglich 14stündige Beleuchtung mit 4×500-Watt-Nitralampen, etwa 7000—9000 Lux) wurde die Entwicklung der Pflanzen verglichen unter *Nitralicht allein* und mit einer zusätzlichen HgQ S 300[3]), die neben wenig sichtbarer Strahlung langwelliges und auch *mittelwelliges UV.* aussendet [Intensitäten einer HgQ S 500 vgl. PIRSCHLE und WETTSTEIN[2]), S. 636]. Wie die in der Tabelle

Tabelle. Sproßlänge, Frischgewicht und Trockensubstanz (in Prozenten vom Frischgewicht) der Pflanzen unter *mittelwelligem UV.* (Kursiv-Ziffern) bzw. langwelligem UV. (Zahlen in Klammern) in Prozenten von den entsprechenden Werten der Parallelkulturen unter Nitralicht allein. Die durchstrichenen Nullen (ø) bedeuten kein Wachstum.

	Sproßlänge	Frischgewicht	Trockensubstanz
Stellaria media, Dahlem (40 m)	ø (89)	ø (107)	ø (100)
Epilobium collinum, Seiseralm (2100 m)	*62* (79)	*24* (100)	*83* (102)
Epilobium alpinum, Zufallhütte (2200 m)	*50* (72)	*8* (90)	*95* (100)
Epilobium alpinum, Trins (2300 m)	*67* (70)	*41* (86)	*91* (127)
Arenaria serpyllifolia, Dahlem (40 m)	ø (62)	ø (59)	ø (107)
Arenaria serpyllifolia, Klein-Wanzl. (100 m)	ø (89)	ø (111)	ø (98)
Arenaria serpyllifolia, Prat (900 m)	ø (87)	ø (101)	ø (99)
Arenaria serpyllifolia, Runkelstein (270 m)	ø (65)	ø (81)	ø (98)
Silene inflata, Waidbruck (400 m)	*27* (91)	*7* (99)	*84* (105)
Silene inflata, Trins (1200 m)	*21* (86)	*6* (82)	*75* (118)
Silene inflata, Traul (2400 m)	*44* (78)	*23* (69)	*72* (105)
Silene alpina, Piz alv (2850 m)	*21* (78)	*5* (110)	*105* (115)
Silene maritima, Åsa (Meeresküste)	ø (77)	ø (107)	ø (104)

zusammengestellten Ergebnisse erkennen lassen, ist der Einfluß der *langwelligen UV.-Strahlung* (Zahlen in Klammern) gering. Die Sproßlänge erscheint durchweg etwas verkürzt (fast überall statistisch gut gesichert), das Gewicht je Pflanze und die Trockensubstanz in Prozenten vom Frischgewicht weicht nur wenig ab (die Unterschiede liegen fast überall innerhalb der Fehlergrenzen). Unter dem Einfluß der *mittelwelligen UV.-Strahlung* (Kursiv-Ziffern) gingen dagegen einzelne der untersuchten Formen wieder nach kurzer Zeit zugrunde (in der Tabelle mit ø bezeichnet); Blätter und Stengel wurden braun und dürr und starben samt den Vegetationspunkten innerhalb weniger Tage ab. Andere Formen (*Epilobium collinum, Epilobium alpinum, Silene inflata, Silene alpina*) hielten dagegen durch. Zwar wurde ihre Entwicklung durch das mittelwellige UV. stark gehemmt, wie aus den Zahlen der Tabelle zu ersehen ist, die Produktion an Pflanzenmasse (Frisch- und Trockengewichte) durchweg und in den meisten Fällen noch sehr viel stärker als das gleichfalls gehemmte Längenwachstum; doch starben die Vegetationspunkte nicht ab, die Pflanzen blieben grün und wuchsen weiter. Diese gegen mittelwelliges UV. resistenten Flammen stammen durchweg — ausgenommen *Silene inflata* Waidbruck — von *hochalpinen Standorten;* jene Typen, welche mittelwelliges UV. nicht vertragen, sind *Tieflandformen* (*Stellaria media, Arenaria serpyllifolia, Silene maritima*). — Ein flüchtiger Blick auf die Tabelle könnte den Anschein erwecken, als ob es sich nur um artgebundene Eigentümlichkeiten handelt (kein Wachstum bei *Stellaria* und *Arenaria* gegenüber *Epilobium* und *Silene*). Dem widerspricht, daß, abgesehen von der großen Empfindlichkeit der Strandform *Silene maritima, Silene inflata* von hochalpinen Almwiesen (bei Traul) erheblich widerstandsfähiger war als aus tiefer gelegenen Tälern (Waidbruck, Trins), und eine (in der Tabelle nicht aufgeführte) hochalpine *Arenaria Marschlinsii* wuchs im Gegensatz zu den anderen Arenarien unter mittelwelligem UV. ausgezeichnet. Leider machten andere für diesen Versuch vorgesehene Oekotypen, die das Bild abgerundet hätten, bei der Keimung Schwierigkeiten. Die Frage der *Artspezifität* wird, schon im Hinblick auf die früheren Beobachtungen[2]) an *Zea, Triticum* und *Xanthium*, noch sorgfältig zu prüfen sein und ebenso andere Faktoren, denn der Zusammenhang zwischen der Resistenz gegen mittelwelliges UV. und der *Höhe des Standorts* ist im Rahmen des vorliegenden Materials zwar sehr auffällig, aber noch nicht schlechthin und ausnahmslos entscheidend. *Silene alpina* (Kalkform von *Silene inflata*) vom höchsten Standort (Piz alv) wurde auffallend stark geschädigt, zahlenmäßig eher noch stärker als der Waidbrucker Stamm aus sehr viel geringerer Höhe; und die beiden *Epilobium alpinum* von der Zufallhütte (Ortler) und aus der Bockgrube (vom Abhang der Hammerspitze bei Trins) aus etwa gleicher Höhe verhielten sich, besonders was die Produktion an Pflanzenmasse anbelangt, keineswegs identisch. — Es ist klar, daß Schlußfolgerungen gerade bei ökologischen Betrachtungen erst auf Grund eines *sehr* umfangreichen und vielseitigen Materials gezogen werden können. Unverkennbar hebt sich aber hinsichtlich des Lichtklimas schon jetzt aus der langen Skala der UV.-Strahlung der *mittelwellige* Anteil (Dorno-Bereich) heraus, also jene Wellen, die auch in der physiologischen Chemie (Vitamin D-Bildung aus Ergosterin) und in der Humanphysiologie (Erythembildung) eine besondere Rolle spielen. Die langwelligen UV.-Strahlen [>3200 Å, vgl. PIRSCHLE und WETTSTEIN[2]), S. 636 und 656] wirken allenfalls etwas stauchend auf den Gesamthabitus der Pflanzen, tiefer gehende physiologische oder gar selektive Wirkungen waren nicht festzustellen. Ausführlicher wird darüber an anderer Stelle (Biol. Zbl.) berichtet werden, zusammen mit den Erfahrungen, die bei dieser Gelegenheit über das Verhalten künstlicher und natürlicher *Polyploidformen* gemacht wurden.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 21. Februar 1941. KARL PIRSCHLE.

[1]) F. VON WETTSTEIN u. K. PIRSCHLE, Klimakammern mit konstanten Bedingungen für die Kultur höherer Pflanzen. Naturwiss. **28**, 537—543 (1940).

[2]) K. PIRSCHLE u. F. VON WETTSTEIN, Einige vorläufige Beobachtungen über die Wirkung verschiedener Lichtintensitäten und -qualitäten auf höhere Pflanzen unter konstanten Bedingungen. Biol. Zbl. **60**, 626—658 (1940).

[3]) Diese als Serienfabrikat nicht hergestellte Quecksilberdampflampe mit Blauglas- (Vitalux-) Kolben läßt auch mittelwelliges UV. von 2700—3200 Å (Dorno-Bereich) durch; der Firma Osram GmbH. — und insbesondere Herrn Dipl.-Ing. E. SUMMERER — sei für die Herstellung und Überlassung solcher Lampen auch an dieser Stelle bestens gedankt.

[4]) Sämtliche untersuchten Pflanzen stammten aus den Kulturen von Herrn Prof. VON WETTSTEIN, auf dessen Anregung auch ihre Prüfung in diesem Versuch erfolgte.

Bestimmung der Eisenverteilung in Erzdünnschliffen mit Röntgenstrahlen.

Bei Untersuchungen an deutschen Eisenerzen, die den Einfluß ihres Feinbaues auf die Aufbereitbarkeit klären sollten, stellte es sich häufig als ein Mangel heraus, daß sich auf Grund des Dünnschliff- oder Anschliffbildes nur recht unsichere Angaben über die Verteilung des Eisens auf die einzelnen Gefügebestandteile machen lassen. Nur in wenigen Fällen läßt sich aus dem Grade der Durchsichtigkeit ein Schluß auf die Höhe des Eisengehaltes ziehen. Über den Eisengehalt von Karbonaten und Silikaten in oolithischen

Erzen sowie über den Grad der Anreicherung des Eisens in den Brauneisenooiden selbst läßt sich dagegen meist wenig aussagen. Umwandlungsvorgänge in der Lagerstätte haben oft zu opaken Eisenoxydausscheidungen geführt, die eine Anreicherung des Eisens vortäuschen, während andererseits die Gegenwart von Eisenkarbonat in den Ooiden zu einer Unterschätzung ihres Eisengehalts führen kann.

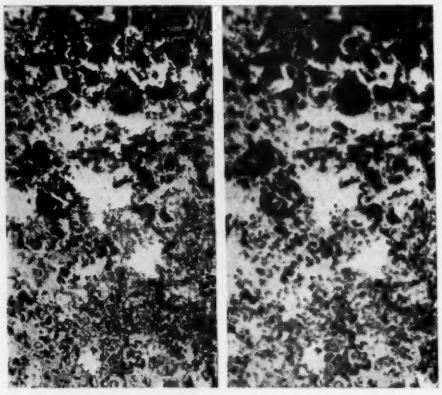
Die Schwierigkeiten bei der optischen Untersuchung der Erze führten auf die Frage, ob nicht auf anderem Wege eindeutige Kennzeichen für die Verteilung des Eisens in den Erzen gewonnen werden könnten. Zu diesem Zweck wurde die Durchstrahlung der Erzschliffe mit Röntgenstrahlen versucht. Die meisten Erze enthalten außer Eisen neben Sauerstoff fast ausschließlich die Leichtmetalle Aluminium, Silizium, Kalzium und Magnesium. Für die Absorption der Röntgenstrahlung ist es nur von geringem Einfluß, in welchen Verbindungen und Mengenanteilen diese Atomarten vorliegen; die Absorption hängt wesentlich nur von dem Eisengehalt der einzelnen Verbindungen ab. Infolgedessen muß die Schwärzung der Filmschicht einen brauchbaren Maßstab für die Verteilung des Eisens auf die einzelnen Gefügebestandteile ergeben.

Nachdem die Richtigkeit dieser Überlegung durch Vorversuche bestätigt war, wurde nach Überwindung einiger Schwierigkeiten folgendes Verfahren zur Herstellung von Röntgenbildern von Erzdünnschliffen entwickelt. Verwendet werden Schliffe normaler Dicke (etwa 30 bis 40 μ), die jedoch nicht auf einem Objektträger, sondern auf einem Deckglas montiert sein müssen und nicht eingedeckt werden dürfen. Da Dünnschliffe in dieser Form mechanisch sehr empfindlich sind, werden sie mit dem Deckglas auf einen Objektträger, der eine Bohrung von 8—10 mm besitzt, so aufgebracht, daß der mit Röntgenstrahlen zu untersuchende Teil des Schliffes über der Bohrung liegt. Für die Röntgenaufnahme wird der Schliff mit der nicht eingedeckten Seite unter Zwischenschaltung eines Tageslichtschutzes auf die Schichtseite eines Feinkornfilmes gelegt und mit Röntgenstrahlen belichtet. Infolge der sehr geringen Schliffdicke und der flachen Gradation des Feinkornfilms werden die Aufnahmen bei Verwendung normaler Durchstrahlungsröhren mit Wolframanode zu flau. Zur Erhöhung des Kontrastes erscheint theoretisch die Verwendung von Nickel-Eigenstrahlung wegen der Lage der Absorptionskante des Nickels besonders günstig; da jedoch eine Röhre mit Nickelanode nicht zur Verfügung stand, wurde die nur wenig ungünstigere Kupferstrahlung einer normalen Feinstrukturröhre mit Strichfokus gewählt. Die Röhre wurde mit Gleichspannung (10 kV, 30 mA) betrieben. Bei 65 cm Abstand des Brennflecks vom Film liegen die vom Objekt noch abhängigen Belichtungszeiten in der Größenordnung von 1 Minute. Das Deckglas, auf dem der Schliff montiert ist, und die dünne Kollolithschicht zwischen Glas und Schliff beeinträchtigen den Kontrast nicht wesentlich.

Die belichteten Filme können zur weiteren Erhöhung des Kontrastes mit einem hart arbeitenden Entwickler entwickelt werden. Dadurch tritt gegenüber der Feinkornentwicklung zwar eine gewisse Kornvergröberung ein, die jedoch meistens in Kauf genommen werden kann. Die Röntgennegative können unmittelbar unter dem Mikroskop ausgewertet werden; zweckmäßig werden jedoch vergrößerte Papierbilder von ihnen hergestellt. Die Vergrößerung soll im allgemeinen nicht mehr als zehnfach sein, da sonst das Filmkorn zu sehr stört. Bei Verwendung einer Feinfokusröhre ist es vielleicht möglich, einen Teil der Vergrößerung schon bei der Röntgenaufnahme vorzunehmen. Es bleibt zu prüfen, ob sich so merklich höhere Gesamtvergrößerungen erzielen lassen; im allgemeinen genügt die zehnfache Vergrößerung vollkommen, um die wichtigen Einzelheiten zu erkennen.

Die Kontraste im Film würden sich erhöhen lassen, wenn von vornherein eine größere Schliffdicke (z. B. 100 μ) gewählt würde. Derart dicke Schliffe ergeben aber bei normaler mikroskopischer Auswertung keine brauchbaren Bilder mehr, während es gerade wesentlich ist, mikroskopisches und röntgenographisches Bild bei jedem Schliff zu vergleichen. Nur so läßt sich feststellen, welche mikroskopischen Beobachtungen berichtigt werden müssen.

In den Fällen, in denen die mehr oder weniger große Durchsichtigkeit einzelner Gefügebestandteile tatsächlich vom Eisengehalt abhängt, stimmen mikroskopisches Bild und Röntgenbild fast völlig überein. Fig. 1 zeigt, daß dies z. B. bei den kieseligen Roteisenerzen des Lahngebietes der Fall ist. Bemerkenswert erscheint neben der guten Übereinstimmung der beiden Aufnahmen vor allem das hohe Auf-

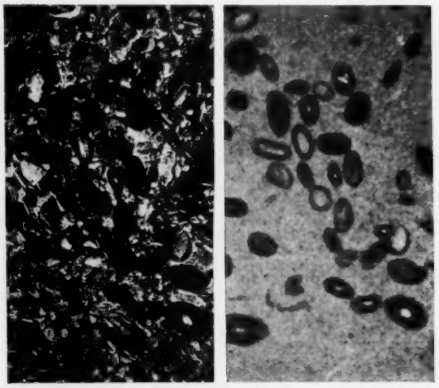


Lichtmikroskopisch 10mal, röntgenographisch 10mal nachvergrößert.

Fig. 1. Dünnschliff von kieseligem Roteisenstein (Lahngebiet).

lösungsvermögen für die Wiedergabe feiner Einzelheiten, das auch in der Röntgenaufnahme erreicht ist. Die geringe, vom Filmkorn herrührende Unschärfe beeinträchtigt die Beurteilung nicht.

Im Gegensatz hierzu unterscheiden sich bei vielen anderen Eisenerzen, insbesondere denen sedimentärer Ent-



Lichtmikroskopisch 10mal, röntgenographisch 10mal nachvergrößert.

Fig. 2. Dünnschliff von oolithischem Liaserz (Nordwestdeutschland).

stehung, die beiden Bilder sehr erheblich, und aus der Röntgenaufnahme ergibt sich eine andere Eisenverteilung, als man auf Grund des lichtmikroskopischen Bildes angenommen hat. Wie groß diese Abweichungen sein können, geht aus Fig. 2 hervor, das den Dünnschliff eines nordwestdeutschen oolithischen Liaserzes zeigt. Während man nach der Mikroaufnahme eine sehr unregelmäßige Eisenverteilung in der Grundmasse des Erzes erwarten sollte, zeigt das Röntgenbild, daß diese Grundmasse einen fast gleichmäßigen Eisengehalt aufweist und daß nur einzelne Ooide als reichere Eisenträger hervortreten. Weiter erkennt man, daß auch diese Ooide durchaus nicht homogen sind, sondern meist aus schalig ausgebildeten eisenreicheren und eisenärmeren Anteilen be-

stehen. Auch die Durchschnittseisengehalte der Ooide sind nicht gleich.

Die besprochenen Beispiele lassen erkennen, daß die Röntgendurchstrahlung ein wertvolles Hilfsmittel zur Beurteilung des Eisengehaltes und der Eisenverteilung darstellt. Grundsätzlich erscheint auch eine quantitative Auswertung durchaus möglich. Hierfür ist die einwandfreie Bestimmung der Schliffdicke eine wesentliche Voraussetzung. Untersuchungen zur quantitativen Ausgestaltung des Verfahrens sind zur Zeit noch im Gange.

Düsseldorf, Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung, den 24. Februar 1941. H. KIRCHBERG. H. MÖLLER.

Besprechungen.

Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik. Herausgegeben von N. v. KORSHENEWSKY und W. T. RUNGE. Berlin: Julius Springer 1940. Band I: Grundlagen und mathematische Hilfsmittel der Hochfrequenztechnik, von H. G. MÖLLER. XVI, 293 S. u. 353 Textabb. 17,5 cm × 25 cm. Preis RM 27.—, geb. RM 28.80. Band II: Ausstrahlung, Ausbreitung und Aufnahme elektromagnetischer Wellen, von L. BERGMANN u. H. LASSEN. VIII, 284 S. u. 285 Textabb. Preis RM 24.—, geb. RM 25.80.

Diese beiden Bände sind die ersten von insgesamt 6 Bänden eines neuen Lehrbuches. Ihnen sollen Bände über Elektronenröhren, Verstärker und Empfänger, Sender und über die Fernsehtechnik folgen.

Der erste Band gibt nach einer ausgezeichneten, ganz knappen Darstellung der Geschichte des Gebietes, die zugleich in seine Probleme einführt, in drei Abschnitten eine Einführung in die Theorie des Schwingungskreises, in die Theorie der Elektronenröhren und in die Theorie der Wellenausbreitung in Lecherleitungen und längs der Erdoberfläche. Dabei werden nicht nur die Formeln, ausgehend von den physikalischen Grundlagen, abgeleitet, sondern auch die in der modernen Nachrichtentechnik gebräuchlichen Schaltungen in großer Zahl besprochen und an Zahlenbeispielen erläutert.

Ein ausführlicher Anhang gibt dann in 3 Abschnitten eine Einführung in die Mathematik der Vektorenrechnung, in die Physik der Elektrizität und in die Technik der komplexen Rechnung.

Der zweite Band enthält im ersten Teil eine sehr ausführliche und gründliche Theorie der Sende- und Empfangsantennen. Zunächst werden die ungerichteten, dann die gerichteten Antennen und Antennensysteme erläutert. Der Naturwissenschaftler wird im zweiten Teil eine ganz hervorragende Zusammenstellung der Theorien und Beobachtungen der Wellenausbreitung finden. Die sich ergänzenden Theorien von ZENNECK, SOMMERFELD, VAN DER POL und BREMMER sind bis zu den in vielen Kurventafeln dargestellten Ergebnissen ausführlich abgeleitet. Ihnen folgt eine gleich ausführliche Zusammenstellung der Theorie der Ionosphäre und ihres Einflusses auf die Wellenausbreitung. Darauf folgen die Verfahren und Ergebnisse der Beobachtungen, wobei das physikalisch Wichtige und das nachrichtentechnisch Wichtige mit gleicher Liebe behandelt ist. Viele Abbildungen von Registrierstreifen und Kurven gemessener Werte beleben die sehr anschauliche Darstellung.

Wir hoffen, daß es den Herausgebern bald möglich ist, diesen beiden vom Verlag sorgfältig ausgestatteten Bänden die übrigen vier folgen zu lassen, und empfehlen den 1. Band vor allem den Studierenden, den 2. Band den Ingenieuren und Forschern der drahtlosen Nachrichtentechnik. FELDTKELLER, Stuttgart.

BRAUN, GUSTAV, **Die Formenwelt des deutschen Bodens.** (Deutscher Boden: Bd. VII.) Berlin: Gebrüder Borntraeger 1939. IV u. 152 S., 28 Textabbild. 14 cm × 22 cm. Preis: geb. RM 4.80.

Das vorliegende Werk des vor kurzem verstorbenen Verfassers zeichnet sich vor anderen Behandlungen der Oberflächengestaltung Deutschlands dadurch aus daß es nicht nur der Fachwelt, sondern auch einem weiteren Kreise Einblick in die Formenwelt des deutschen Landes und ihre Entstehung gewähren will. Tatsächlich erfüllt es diese Aufgabe ganz, ohne daß Zugeständnisse an das wissenschaftliche Niveau gemacht würden. Darin liegt das große Verdienst des Buches. Kennzeichnend ist die starke Berücksichtigung der Großformung im Sinne der Morphogenese. Jedem Hauptabschnitt ist die wichtigste Literatur vorangestellt. Ein Blick auf den Gang der Forschung leitet ihn jeweils ein und ist besonders anregend durch die starke eigene Mitarbeit des Verfassers an der Aufrollung der Probleme.

In einer übersichtlichen Betrachtung werden zuerst die Grundbegriffe der Orographie und Geomorphologie behandelt. Dieser Abschnitt dient gewiß in erster Linie zur Einführung für den Laien; in wissenschaftlicher Hinsicht ist aber aus den gedrängt gebotenen Darlegungen vor allem die klare Stellungnahme zu den schwierigen Fragen der Großformung der Landschaft hervorzuheben. Die Darstellung der Formgemeinschaften Deutschlands folgt dann den natürlichen Einheiten. Bei der Schilderung des norddeutschen Flachlandes findet naturgemäß die mit den verschiedenen Eiszeitstadien im Zusammenhang stehende Oberflächengestaltung stärkste Beachtung. Kennzeichnend ist schon hier die weitgehende Rücksichtnahme auf die Fragen nach dem Bau des tieferen Grundes und seinen Auswirkungen auf die heutige Formung des Landes. Anregende Gedankengänge über einzelne greifbare Probleme (Flußdurchbrüche, Küstenbildung) sind daneben eingeschaltet. Gründliche und problemreiche Darstellung finden die deutschen Mittelgebirge. Hier ist auf die Deutung der weithin verbreiteten Abtragungsflächen starkes Gewicht gelegt. Besonders lassen die Kapitel über den böhmischen Block, die sudetische und mitteldeutsche Scholle den Zusammenhang zwischen dem Bau des Untergrundes und der Formenwelt der Oberfläche mit zum Teil neuen Gesichtspunkten hervortreten. Die großen tektonischen Tendenzen bestimmen das Aussehen der Räume. Bezeichnend für das Rheinische Schiefergebirge ist die Neubelebung alter Strukturen zu Großfalten. In Südwestdeutschland können die Schwierigkeiten, die dadurch entstehen, daß das Gewässernetz dem Schichtstufenbau nicht völlig entspricht, mit Hilfe der Annahme von Aufwölbungen der Landoberfläche beseitigt werden. Untersuchungen der Bauanlage und Fragen der Großformung treten auch bei der Besprechung der deutschen Alpen in den Vordergrund. Die Erscheinungen der Gipfelflur, des älteren Stockwerkbaues und der jugendlichen Großfaltungen werden zu erläutern versucht. Der Einwirkung der diluvialen und heutigen Vergletscherung auf das Aussehen der Alpen wird bei der Behandlung der Modellierung des Raumes Rechnung getragen. Eine Skizze der deutschen Ströme, die die nach Aufbau und Formen so verschiedenen Landschaften zu einer Einheit verbinden, gibt eine besonders wünschenswerte Ergänzung.

JOSEF WERDECKER, Prag.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Redigiert in Gemeinschaft mit **F. Hund**

von

Ferdinand Trendelenburg

Zuletzt erschien:

Neunzehnter Band

Mit 159 Abbildungen. III, 333 Seiten. 1940

RM 28.—; gebunden RM 29.60

Inhaltsverzeichnis:

Interstellare Materie. Von Professor Dr. E. Schoenberg und Dr. H. Lambrecht, Breslau.

Die Erzeugung schneller Ionenstrahlen für Kernreaktionen. Von Dr. W. Gentner, Heidelberg.

Massenspektrographie und ihre Anwendung auf Probleme der Atom- und Kernchemie. Von Professor Dr. J. Mattauch, Berlin-Dahlem.

Mikroskopie hoher Auflösung mit schnellen Elektronen. Von Dr.-Ing. B. v. Borries und Dr.-Ing. E. Ruska, Berlin-Siemensstadt.

Inhalt der Bände I—XIX. I. Namenverzeichnis. II. Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Anorganische Mikrogewichtsanalyse

Von

Friedrich Hecht und **Julius Donau**

Assistent am II. chemischen Institut der Universität Wien — Dozent der Technischen Hochschule Graz

Mit 102 Abbildungen im Text

Band 1 der Sammlung „Reine und angewandte Mikrochemie in Einzeldarstellungen"
Herausgegeben von F. Hecht

XVII, 350 Seiten. 1940. RM 27.—; gebunden RM 28.50

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — Apparate und Arbeitstechnik. I. Waagen und Wägetechnik. Mikrowaagen. Die Mikrowaage von W. H. F. Kuhlmann. Die neue Nernst-Waage. II. Wägungsformen. 1. Eigenschaften der für die Mikroanalyse geeigneten Wägungsformen. 2. Anorganische und organische Wägungsformen. III. Vorbereitungen zur Analyse. 1. Probenahme. 2. Einwaage. 3. Lösen und Aufschließen. IV. Reagenzien. 1. Reagensbehälter. 2. Anorganische Reagenzien. 3. Organische Reagenzien. V. Geräte und Teiloperationen der Analyse. 1. Rückstandsbestimmungen. 2. Fällen und Fällungsgeräte. 3. Filtration, Filtergeräte, Auswaschen. 4. Lösen und Umfällen von Niederschlägen. 5. Trocknen der Niederschläge. 6. Glühen der Niederschläge. 7. Abdampfen. 8. Abrauchen. 9. Methodik nach J. Donau. 10. Elektrolyse. 11. Dichtebestimmung von Flüssigkeiten. — **Analysenmethoden.** I. Einzelbestimmungen. 1. Kationen der Schwefelwasserstoffgruppe. Silber. Blei. Cadmium. Kupfer. Wismut. Quecksilber. Rhenium. Arsen. Antimon. Zinn. Molybdän. Selen. Tellur. Gold. Palladium. Platinmetalle. 2. Kationen der Ammoniumsulfidgruppe. Eisen. Nickel. Kobalt. Zink. Mangan. Vanadin. Uran. Beryllium. Aluminium. Chrom. Thallium. Thorium. Seltene Erden. Zirkonium. Titan. 3. Erdalkalien. Magnesium. Calcium. Strontium. Barium. 4. Alkalimetalle. Natrium. Kalium. Lithium. Natrium, Kalium (Summe). Rubidium. Caesium. 5. Anionen. Halogene. Kieselsäure. Kohlensäure. Phosphorsäure. Schwefel. 6. Wasser. 7. Bestimmungsmethoden nach J. Donau. II. Trennungen von Kationen. Trennung und Bestimmung von Antimon und Zinn. Trennung und Bestimmung von Blei und Kupfer. Bestimmung des Kupfers als Chinaldinat in Anwesenheit von Cadmium, Blei, Mangan, Nickel, Kobalt, arseniger Säure, Arsensäure, Phosphorsäure. Elektrolytische Trennung und Bestimmung von Kupfer und Zink in Messing. Bestimmung des Kupfers neben Eisen. Trennung und Bestimmung von Nickel und Kupfer. Trennung und Bestimmung von Aluminium und Beryllium. Trennung und Bestimmung von Beryllium und Magnesium. Trennung und Bestimmung von Aluminium, Beryllium und Magnesium. Trennung und Bestimmung von Eisen und Aluminium. Trennung und Bestimmung von Eisen, Aluminium und Titan. Trennung und Bestimmung von Nickel und Uran. Trennung und Bestimmung von Zink und Uran. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Kupfer, bzw. von Quecksilber und Silber. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Mangan. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Eisen oder Aluminium. Trennung des Thoriums von den seltenen Erden und Bestimmung des Thoriums. Trennung und Bestimmung von Eisen, Aluminium, Titan, Mangan, Calcium und Magnesium. Anhang: Bestimmung bzw. Trennung der Halogene. III. Spezialmethoden. 1. Fällungen im hängenden Tropfen und auf Trägersubstanzen. 2. Mikroanalysen nach dem Prinzip von Carius. IV. Analyse zusammengesetzter Substanzen. 1. Legierungsanalyse. 2. Mineralanalyse. V. Bestimmung von Nebenbestandteilen in zusammengesetzten Substanzen. Die Bestimmung des Bleies in Allaniten als Beispiel der mikrogewichtsanalytischen Ermittlung eines Mineral-Nebenbestandteiles. — Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN WIEN

Hierzu eine Beilage von der Firma Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, und zwei Beilagen vom Verlag Julius Springer.

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.